



TESIS - PM 147501

**OPTIMASI FASILITAS PRODUKSI PT. XYZ  
MENGUNAKAN METODE MIXED INTEGER  
PROGRAMMING**

MUHAMMAD AULIA NURRAHIM  
NRP.9115201309

DOSEN PEMBIMBING  
Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., PhD.

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI  
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017

# LEMBAR PENGESAHAN

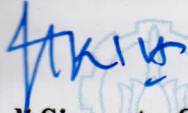
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**MUHAMMAD AULIA NURRAHIM**  
**NRP. 9115201309**

Tanggal Ujian : 21 Juli 2017  
Periode Wisuda : September 2017

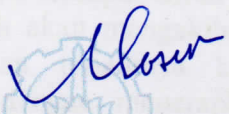
Disetujui oleh :

  
1. **Nurhadi Siswanto, ST, MSIE, PhD**  
NIP : 197005231996011001

(Pembimbing)


  
2. **Dr. Dyah Santhi Dewi, ST, MEngSc**  
NIP : 197208251998022001

(Penguji)

  
3. **Prof. Dr. Ir. Moses L. Singgih., M.Sc, MRegSc**  
NIP : 195908171987031002

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi

  
**Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng.Sc**  
NIP. 19590318 198701 1 001

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur dan terima kasih ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian tesis ini. Selesaiannya proposal tesis ini tidak terlepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., selaku dosen pembimbing yang dengan dukungan penuh memberikan bimbingan, semangat dan petunjuk yang sangat berharga hingga proposal tesis ini selesai.
2. Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, Msc(Eng), selaku ketua departemen MMT ITS.
3. Seluruh Dosen MMT ITS yang telah memberikan banyak ilmu, segenap karyawan/karyawati yang juga turut serta membantu keberlangsungan kegiatan kuliah.
4. Ibu, ayah dan adik yang selalu memberikan dukungan, nasehat dan kasih sayang yang tidak akan pernah bisa digantikan dengan apa pun.
5. PT. XYZ yang telah membantu dalam proses pengarahan prosedur pengambilan data untuk penelitian ini.
6. Rekan-rekan Manajemen Industri MMT ITS Angkatan 2015, serta semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan proposal tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Apabila terdapat kesalahan dan kekurangan, penulis memohon saran dan kritik dari pembaca sehingga menjadi masukan yang bermanfaat untuk penyempurnaan proposal tesis ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, July 2017

Penulis

# OPTIMASI LAYOUT FASILITAS PRODUKSI PT. XYZ

## MENGUNAKAN METODE MIXED INTEGER

### PROGRAMMING

Nama : Muhammad Aulia Nurrahim  
NRP : 9115201309  
Pembimbing : Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., PhD.

#### ABSTRAK

*Fulfill order* atau pemenuhan permintaan merupakan salah satu kegiatan utama (*core business*) dari bisnis proses guna mencapai visi dan misi dari sebuah perusahaan maupun sebuah usaha. *Fulfill order* terdiri dari beberapa elemen proses seperti proses produksi, proses perencanaan produksi hingga pendistribusian produk. Salah satu elemen penting di dalam melakukan *fulfill order* adalah tata letak fasilitas pabrik atau *layout* pabrik. Tingkat efektivitas dan tingkat efisiensi dari penggunaan peralatan, bahan baku, sumber daya manusia, energi dan aliran proses produksi hingga menjadi sebuah produk ditentukan dari seberapa efektif kondisi eksisting *layout* pabrik. PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi komponen knalpot. Terdapat banyak varian komponen knalpot hasil produksi PT. XYZ dimana setiap jenis komponen membutuhkan proses permesinan yang berbeda. Permintaan yang terus meningkat setiap tahunnya mendorong PT. XYZ untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja perusahaan dalam memenuhi permintaan.

Evaluasi dilakukan terhadap kondisi eksisting *layout* permesinan PT. XYZ yang menjadi elemen penting dalam menunjang kinerja perusahaan dalam memenuhi permintaan. Kondisi eksisting *layout* permesinan PT. XYZ menunjukkan terdapat aliran proses *back tracking* (gerakan balik). *Back tracking* yang terjadi akan mengakibatkan kurang lancarnya proses produksi dan dapat menyebabkan terjadinya keterlambatan penyelesaian pekerjaan. Perbaikan dilakukan dengan menerapkan optimasi *Mixed Integer Programming* yang diharapkan dapat diperoleh *layout* permesinan yang lebih efisien dan efektif. Hasil optimasi menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan berhasil mengurangi jarak perpindahan bahan baku yang pada kondisi eksisting untuk menghasilkan 22200 unit produk didapatkan total jarak perpindahan sebesar 1379175 dan pada hasil perbaikan untuk menghasilkan 22200 unit produk didapatkan total jarak perpindahan sebesar 470640. Hasil perbaikan juga berhasil mengurangi aliran proses *back tracking*, dimana pada kondisi eksisting terdapat sembilan aliran *back tracking* dan pada hasil perbaikan terdapat tiga aliran *back tracking*. Perbaikan yang dilakukan peneliti bisa menjadi pertimbangan perusahaan dalam melakukan proses *relayout*.

**Kata Kunci:** *Fulfill Order, Layout, Backtracking, Mixed Integer Programming*

# **IMPLEMENTING MIXED INTEGER PROGRAMMING IN OPTIMIZING PRODUCTION FACILITIES LAYOUT IN PT. XYZ**

Name : Muhammad Aulia Nurrahim  
NRP : 9115201309  
Supervisor : Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., PhD.

## **ABSTRACT**

Fulfill order or demand fulfillment is one of the main activities of the business process to achieve the vision and mission of a company or a business. Order fulfillment consists of several processes or elements such as production process, production planning process and product distribution process. One of the most important elements in order fulfillment is the layout of production facilities. The level of effectiveness and efficiency of the use of equipment, raw materials, human resources, energy and the flow of production processes is determined by how effective the existing condition of the plant layout. Poor layout conditions will result in disruption to the production flow that will directly impact on the completion of the work. PT. XYZ is a company engaged in the production of exhaust components. There are many variants of exhaust components produced by PT. XYZ where each type of component requires different machining processes. The increasing demand every year encourages PT. XYZ to evaluate the company's performance in fulfilling the demand.

Evaluation is done to the current condition layout of PT. XYZ which is an important element in supporting the company's performance in meeting the demand. The condition of production layout of PT. XYZ shows the occurrence of back tracking processes. Backtracking that occurs will result in less smoothness of the production process and can lead to delays in completion of work. Improvement to the current condition layout of PT. XYZ needs to be done to reduce back tracking in the production process flow. Improvements are made using the Mixed Integer Programming optimization approach which is expected to be obtained by more efficient and effective layout of machinery. The optimization result shows that the improvement was done to reduce the distance of the raw material movement which in the existing condition obtained, to produce 22200 unit products the total moving distance is 1379175 and on the improvement result obtained total moving distance of 470640 to produce 22200 unit products. The result of the improvement also succeeded in reducing the flow of backtracking process, where in the existing condition there are nine back tracking flows and on the improvement result shows there are three back tracking flows.

**Key Words:** Fulfil Order, Layout, Backtracking, Mixed Integer Programming

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>vii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Sistematika Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>8</b>
2.1 Layout Fasilitas .....	8
2.2 Definisi Perancangan Tata Letak Fasilitas .....	11
2.3 Prinsip-Prinsip Dasar Perencanaan Desain Tata Letak .....	12
2.4 Tujuan Dari Perancangan Tata Letak Fasilitas .....	13
2.5 Pola Aliran Material .....	13
2.6 Flow Shop .....	14
2.7 Job Shop .....	14
2.8 Penerapan Mixed Integer Programming Pada Optimasi Layout.....	15
2.9 Penelitian Terdahulu .....	17
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1 Tahap Pengumpulan Data .....	20
3.2 Tahap Pengembangan Model dan Optimasi.....	20
3.3 Tahap Verifikasi dan Validasi.....	24
3.4 Tahap Analisis.....	24
3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran.....	24

<b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA</b>	25
4.1 Gambar <i>Layout</i> Lantai Produksi PT. XYZ	26
4.2 Data Jarak Antara Permesinan	26
4.3 Data Perpindahan Aliran <i>Material</i> Permesinan	27
4.4 Pengembangan Model Optimasi	30
4.4.1 Parameter dan Variabel Model	30
4.4.2 Penentuan Fungsi Tujuan Model Matematis	31
4.4.1 Parameter Fungsi Pembatas Model Matematis	32
4.5 Hasil <i>Running</i> Model	34
4.5.1 Eksisting <i>Layout</i> PT. XYZ	35
4.5.2 Alternatif <i>Layout</i> 1	37
4.5.3 Alternatif <i>Layout</i> 2	39
4.6 Implementasi Perbaikan <i>Layout</i> Pada Lantai Produksi PT. XYZ	42
<b>BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA</b>	45
5.1 Analisis Kondisi Eksisting <i>Layout</i>	45
5.2 Analisis Perbaikan Alternatif <i>Layout</i> 1	45
5.3 Analisis Perbaikan Alternatif <i>Layout</i> 2	46
5.4 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Alternatif <i>Layout</i> 1 dan 2	46
5.4 Implementasi Alternatif <i>Layout</i> 1 Pada Lantai Produksi PT. XYZ	47
<b>BAB VI KESIMPULAN PENELITIAN</b>	49
6.1 Kesimpulan Penelitian	49
6.2 Saran Penelitian	50
<b>Daftar Pustaka</b>	51

## Daftar Tabel

Tabel 1 Rekapitan Data Permintaan Komponen PT.XYZ Tahun 2015.....	3
Tabel 2 Daftar Penelitian Terdahulu.....	18
Tabel 3 Data Jenis Permesinan dan Dimensin Permesinan.....	26
Tabel 4 Matriks Jarak Permesinan.....	26
Tabel 5 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen <i>Front Flange</i> .....	27
Tabel 6 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen <i>Bracket Cable</i> .....	27
Tabel 7 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen <i>End Flange</i> .....	28
Tabel 8 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen <i>Middle Flange</i> .....	28
Tabel 9 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen <i>Inner Pipe</i> .....	29
Tabel 10 Matriks Total Aliran Bahan Baku .....	29
Tabel 11 Nilai Variabel X dan Y Alternatif <i>Layout 1</i> .....	33
Tabel 12 Nilai Variabel X Alternatif <i>Layout 2</i> .....	34
Tabel 13 Perlakuan Khusus Permesinan .....	43



## Daftar Gambar

Gambar 1 Grafik Rekap Data Historis Jumlah Permintaan .....	2
Gambar 2 Diagram Aliran Bahan Baku <i>Layout</i> Produksi PT. XYZ .....	3
Gambar 3 <i>Product Layout</i> .....	8
Gambar 4 <i>Process Layout</i> .....	9
Gambar 5 <i>Fixed Position Layout</i> .....	10
Gambar 6 <i>Group Technology Layout</i> .....	11
Gambar 7 Tahapan Perencanaan Fasilitas Pabrik .....	12
Gambar 8 Aliran Material <i>Flow Shop</i> .....	14
Gambar 9 Aliran Material <i>Job Shop</i> .....	15
Gambar 10 <i>Flowchart</i> Penelitian .....	19
Gambar 11 <i>Layout</i> Lantai Produksi .....	32
Gambar 12 <i>Layout</i> Eksisting .....	33
Gambar 13 Hasil Running Model Eksisting .....	36
Gambar 14 Hasil Running Model 1 .....	37
Gambar 15 Perbaikan <i>Layout</i> 1 .....	38
Gambar 16 Diagram Alir Bahan Baku Perbaikan <i>Layout</i> 1.....	39
Gambar 17 Hasil Running Model 2 .....	40
Gambar 18 Perbaikan <i>Layout</i> 2 .....	41
Gambar 19 Diagram Alir Bahan Baku Perbaikan <i>Layout</i> 2.....	42
Gambar 20 Perbaikan Alternatif <i>Layout</i> 1 .....	43
Gambar 21 Diagram Alir Bahan Baku Perbaikan <i>Layout</i> 1.....	44

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

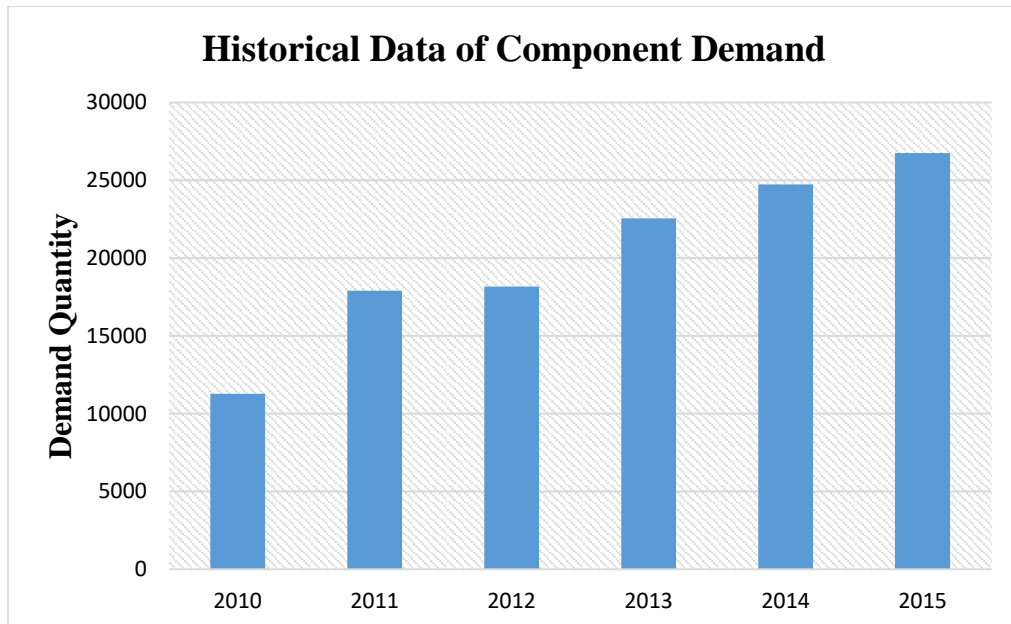
### **1.1 Latar Belakang**

*Fulfill order* atau pemenuhan permintaan merupakan salah satu kegiatan utama (*core business*) dari bisnis proses guna mencapai visi dan misi dari sebuah perusahaan maupun sebuah usaha (Wignjosoebroto, 2003). *Fulfill order* terdiri dari beberapa elemen proses seperti proses produksi, proses perencanaan produksi hingga pendistribusian produk. Setiap perusahaan akan selalu didukung oleh sebuah infrastruktur guna mempermudah menjalankan segala aktivitas yang dilakukan di sebuah perusahaan seperti kegiatan *fulfill order*. Salah satu elemen penting di dalam melakukan kegiatan *fulfill order* adalah *layout* pabrik.

*Layout* pabrik atau dapat juga disebut tata letak atau tata ruang pabrik merupakan faktor penting dalam menjaga performa sebuah perusahaan dalam melakukan kegiatan *fullfill order*. Hal ini dikarenakan *layout* menentukan tingkat efektivitas dan tingkat efisiensi dari penggunaan peralatan, bahan baku, sumber daya manusia, energi dan aliran proses produksi hingga menjadi sebuah produk. Cara penempatan fasilitas permesinan pabrik juga merupakan bagian penting untuk memperoleh *layout* pabrik yang optimal. Perusahaan yang memiliki jumlah *demand* yang setiap tahunnya mengalami peningkatan perlu mempertimbangkan kondisi *layout* dari fasilitas yang dimiliki. Kondisi *layout* yang buruk akan mengakibatkan gangguan terhadap aliran produksi yang secara langsung akan berdampak pada waktu penyelesaian pekerjaan. Permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan dilakukan proses perencanaan *layout*.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang produksi komponen knalpot. Terdapat banyak variasi jenis komponen knalpot yang diproduksi oleh PT XYZ diantaranya adalah *front flange*, *inner pipe*, *bracket cable*, *middle flange*, *support flange*, *end flange* dan *separator flange*. Keseluruhan komponen tersebut membutuhkan proses permesinan yang berbeda. Seiring bertambahnya jumlah pengendara motor di Indonesia kebutuhan akan komponen tersebut semakin bertambah. Rekap data yang dilakukan oleh peneliti

menunjukkan bahwa setiap tahunnya permintaan akan ketujuh komponen tersebut terus meningkat. Hasil rekap data tersebut ditunjukkan pada gambar 1.1 sebagai berikut.



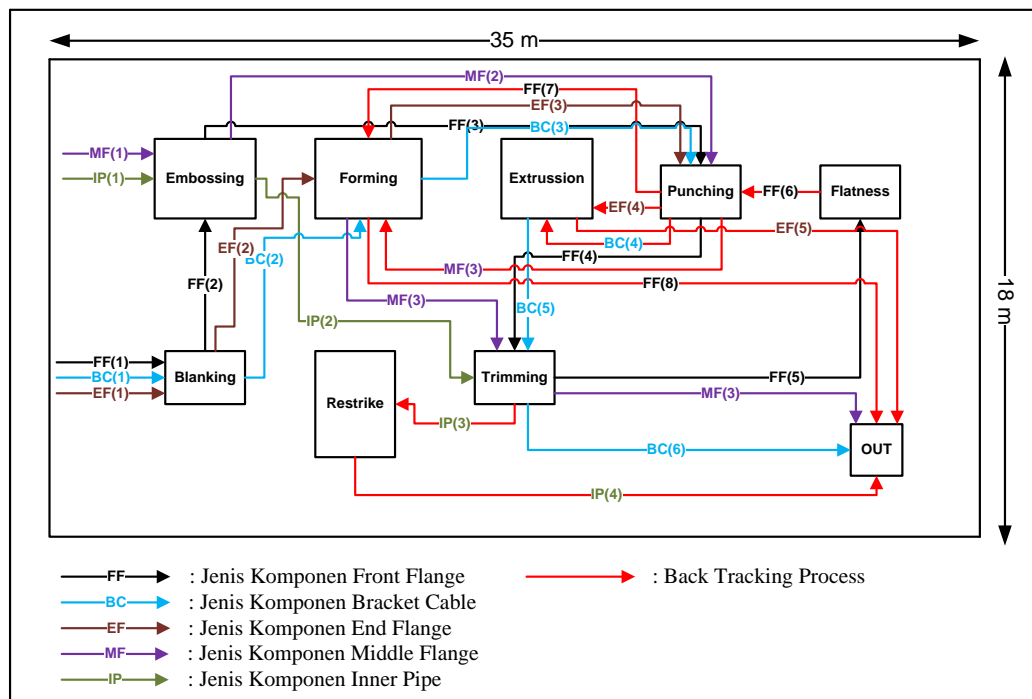
**Gambar 1 Grafik Rekap Data Historis Jumlah Permintaan**

Permintaan yang terus meningkat setiap tahunnya yang ditunjukkan pada gambar 1 mendorong PT. XYZ untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja perusahaan dalam memenuhi permintaan. Evaluasi dilakukan terhadap kondisi eksisting *layout* permesinan PT. XYZ yang menjadi elemen penting dalam menunjang kinerja perusahaan dalam memenuhi permintaan. Kondisi eksisting *layout* harus mewakili kondisi terkini dari PT. XYZ, sehingga evaluasi dilakukan terhadap komponen – komponen yang memiliki jumlah permintaan terbanyak yaitu 80% permintaan dari total komponen hasil produksi PT. XYZ dalam setahun. Berikut merupakan rekap data permintaan komponen PT. XYZ tahun 2015.

**Tabel 1 Rekap Data Permintaan Komponen PT.XYZ Tahun 2015**

Jenis Komponen	Jumlah Permintaan	Prosentase Permintaan	Kontribusi Permintaan (%)
<i>Front Flange</i>	3330	12%	<b>83%</b>
<i>Bracket Cable</i>	5550	21%	
<i>End Flange</i>	6660	25%	
<i>Middle Cable</i>	2220	8%	
<i>Inner Pipe</i>	4440	17%	
DLL	4547	17%	17%
Total	26745	100%	

Hasil rekap data permintaan pada table 1 menunjukkan bahwa kontribusi permintaan terbanyak komponen PT. XYZ tahun 2015 adalah pada jenis komponen *front flange*, *bracket cable*, *end flange*, *middle cable* dan *inner pipe*. Kelima komponen tersebut memiliki kontribusi sebesar 83% dari total permintaan komponen PT. XYZ. Evaluasi *layout* kondisi eksisting PT. XYZ dilakukan berdasarkan kelima komponen tersebut yang memiliki kontribusi terbesar dari total permintaan. Berikut merupakan hasil evaluasi yang dilakukan terhadap kondisi eksisting *layout* permesinan PT. XYZ.



**Gambar 2 Diagram Aliran Bahan Baku *Layout* Produksi PT. XYZ**

Gambar 2 menunjukkan aliran bahan baku kondisi eksisting dari lima jenis komponen hasil produksi PT. XYZ. Kelima komponen tersebut adalah komponen jenis *front flange*, *bracket cable*, *end flange*, *middle flange* dan *inner pipe*. Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kondisi eksisting *layout* lantai produksi PT. XYZ, terdapat beberapa pergerakan bahan baku yang kurang optimal. Pergerakan bahan baku yang kurang optimal atau yang lebih sering disebut dengan *back tracking process* ditunjukkan pada panah berwarna merah pada gambar 2. *Back tracking process* terjadi pada kelima jenis komponen yang telah dievaluasi.

Pada jenis komponen *front flange*, *back tracking process* terjadi pada aliran bahan baku keenam, ketujuh dan kedelapan. Komponen jenis *end flange* *back tracking process* terjadi pada aliran bahan baku keempat dan kelima, komponen jenis *bracket cable* *back tracking process* terjadi pada aliran bahan baku keempat, komponen jenis *middle flange* *back tracking process* terjadi pada aliran proses ketiga dan pada komponen jenis *inner pipe* *back tracking process* terjadi pada aliran bahan baku ketiga dan keempat. *Back tracking* yang terjadi akan mengakibatkan kurang lancarnya proses produksi dan dapat menyebabkan terjadinya keterlambatan penyelesaian pekerjaan. Perbaikan terhadap *layout* kondisi eksisting PT. XYZ perlu dilakukan untuk mengurangi *back tracking* pada aliran proses produksi.

Pengaturan lokasi penempatan mesin yang kurang tepat dapat mempengaruhi kinerja perusahaan dalam pemenuhan permintaan. Mengatasi hal ini perlu dilakukan penelitian dan pengkajian dalam menata kembali lokasi mesin yang lebih tepat agar proses produksi, terutama yang terkait dengan masalah pemindahan bahan (*material flow*) bisa berjalan dengan baik.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Permintaan yang terus meningkat mendorong peneliti untuk melakukan evaluasi dan perbaikan *layout* permesinan PT. XYZ. Evaluasi dan perbaikan dilakukan dengan menggunakan pendekatan optimasi *Mixed Integer Programming*. Pengaturan lokasi penempatan mesin yang tepat akan menghasilkan proses produksi yang lebih efektif dan efisien sehingga, permasalahan perusahaan PT. XYZ dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah *layout* eksisting PT. XYZ sudah optimal?
2. Apakah alternative *relayout* sudah optimal?
3. Alternatif – alternatif perbaikan *layout* manakah yang paling optimal?

### **1.3 Tujuan penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Melakukan evaluasi *layout* eksisting PT. XYZ.
2. Melakukan kajian terhadap alternatif – alternatif perbaikan *layout*.
3. Menentukan alternatif terbaik *relayout*.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Dari hasil optimasi yang dijalankan, akan diperoleh *layout* permesinan yang baru yang secara teknis akan lebih efektif karena dapat meminimalkan perpindahan bahan.
2. Dengan didapatnya *layout* yang dapat meminimalkan aliran material, dalam rentang waktu yang sama diharapkan dapat pula meningkatkan performansi perusahaan dalam memenuhi permintaan.

### **1.5. Batasan dan Asumsi Penelitian**

Dalam pembahasan permasalahan, maka digunakan batasan/asumsi sebagai berikut :

#### **1.5.1 Batasan Penelitian**

Batasan penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah sebagai berikut.

1. Membahas masalah *layout* mesin produksi di PT. XYZ dan difokuskan pada produksi komponen knalpot.
2. Jumlah fasilitas mesin yang digunakan sesuai dengan susunan mesin yang digunakan dalam proses produksi dan tidak ada penambahan jumlah mesin.
3. Tidak adanya penambahan ruang pada lantai produksi PT. XYZ.
4. Jumlah komponen yang menjadi acuan penelitian adalah 5 komponen yang mewakili 80% dari total permintaan.

### 1.5.2 Asumsi Penelitian :

Asumsi penelitian yang digunakan oleh peneliti adalah sebagai berikut.

1. Masuk dan keluarnya aliran bahan baku diukur dari titik tengah masing-masing fasilitas permesinan.

### 1.6 Sistematika Penelitian

Untuk memudahkan di dalam penyajian penelitian ini maka penulis membuat uraian secara garis besar setiap babnya yaitu sebagai berikut:

#### BAB I           Pendahuluan

Membahas mengenai latar belakang penelitian mengenai optimasi perbaikan *layout* PT. XYZ, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan yang digunakan dalam menyelesaikan masalah serta sistematika penulisan dari penelitian.

#### BAB II           Tinjauan Pustaka

Melandasi teori-teori yang digunakan pada penelitian yang melingkupi teori-teori terkait perancangan tata letak pabrik dan metode *Linier Mixed Integer Programming* yang digunakan untuk membahas pokok permasalahan yang dituangkan pada BAB I.

#### BAB III          Metode Penelitian

Membahas tentang metode-metode yang digunakan dalam penelitian serta langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan.

#### BAB IV          Pengumpulan Dan Pengolahan Data

Membahas mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian, pengolahan data dilakukan dengan menerapkan metode *Linier Mixed Integer Programming*.

## BAB V Analisis Dan Intrepretasi Hasil

Melakukan analisis terkait hasil pengolahan data yang telah dilakukan. Analisis dilakukan dengan membandingkan alternatif – alternatif *layout* hasil dari optimasi dan dilakukan pemelihan terhadap alternatif *layout* yang terbaik.

## BAB VI Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini akan dilakukan pengambilan kesimpulan terhadap hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk perbaikan. Pengambilan kesimpulan dilakukan untuk menjawab tujuan dari penelitian.



## BAB II

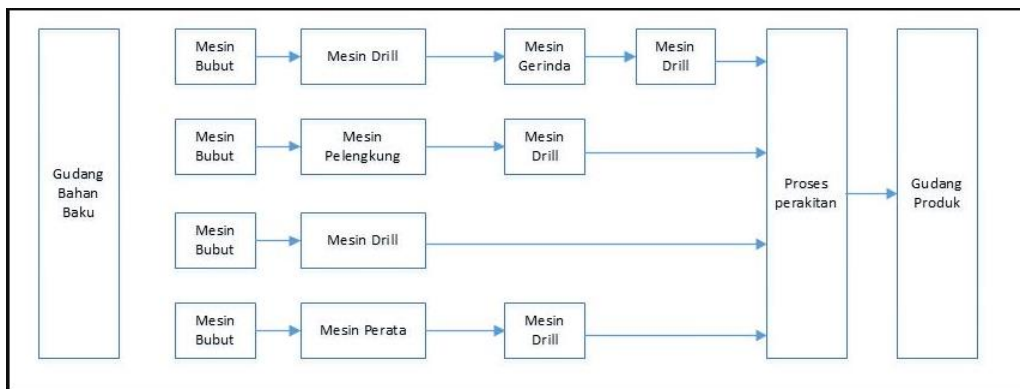
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Layout Fasilitas*

Perancangan tata letak pabrik atau suatu fasilitas berkaitan erat dengan desain dari sebuah industrial plant. Perancangan tata letak pabrik dimulai dengan analisis terhadap produk yang akan dihasilkan dan berakhir pada rancangan pabrik atau fasilitas untuk memproduksi produk. Menurut Wignjosoebroto (2009) secara umum tata letak fasilitas produksi dapat diklasifikasi menjadi tiga macam, yaitu:

##### 1. *Product layout*

Dengan *layout* berdasarkan aliran produk, maka mesin dan fasilitas produksi lainnya akan dapat diatur menurut prinsip “*machine after machine*” tidak mempedulikan jenis mesin yang digunakan. Dengan memakai tata letak tipe aliran produk (*product layout*), maka segala fasilitas-fasilitas untuk proses produksi (baik proses fabrikasi maupun perakitan) akan diletakan berdasarkan garis aliran (*flow line*) dari produk tersebut yang ditunjukkan pada gambar 2.1.



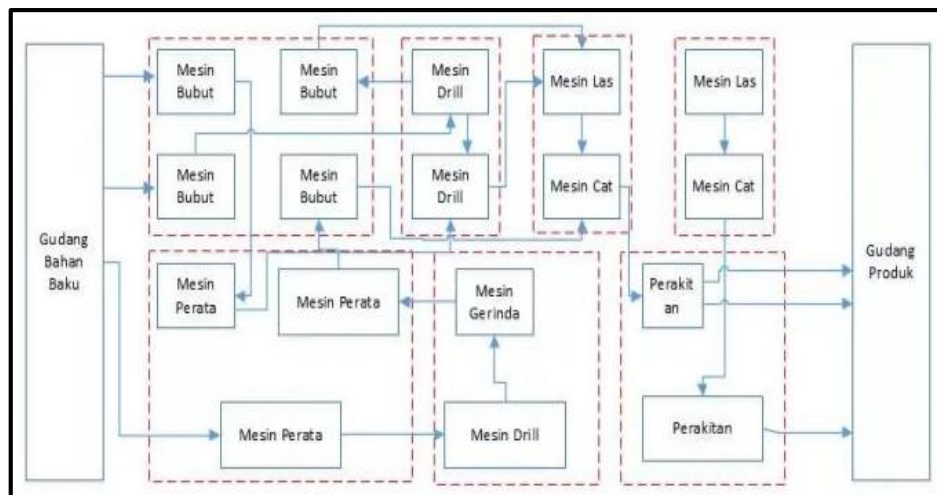
**Gambar 3 *Product Layout***

Pada gambar 3 tata letak permesinan disesuaikan dengan aliran bahan baku dari produk sehingga tidak mempertimbangkan jenis permesinan yang digunakan. Dalam hal ini ada beberapa tipe dari garis aliran produk (*product flow line*) yang mungkin digunakan seperti *straight line*, *U – Shaped*, *L – Shaped*, *S – Shaped*, *O – Shaped*. Keuntungan dari tata letak fasilitas yang mengikuti proses operasi adalah proses operasi produksi dilantai pabrik relatif

mudah dilakukan oleh *supervisor*. Sedangkan kerugiannya adalah susunan ini membuat *layout* kurang fleksibel sehingga sulit digunakan untuk menangani produk yang beragam. Berikut merupakan gambar dari *product layout*.

## 2. *Process layout*

Tata letak berdasarkan aliran proses (*process layout*) seringkali disebut pula dengan fungsional *layout* adalah metode pengaturan dan penempatan dari mesin-mesin dan segala fasilitas produksi dengan tipe/macam yang sama dalam sebuah departemen. Disini semua mesin atau fasilitas produksi yang memiliki ciri-ciri atau fungsi kerja yang sama diletakan dalam sebuah departemen. Berikut merupakan gambar tata letak permesinan yang berjenis *process layout*.

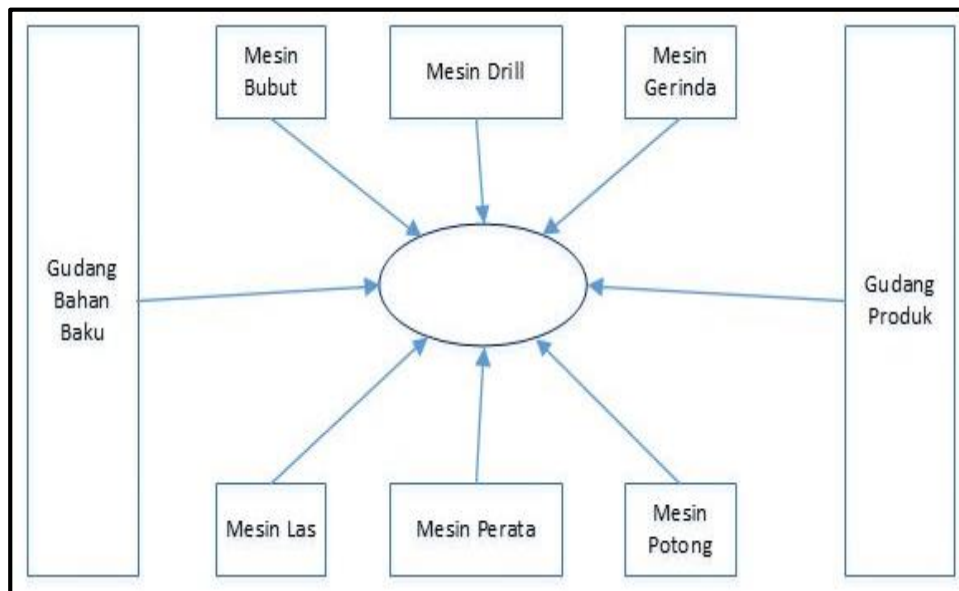


**Gambar 4 *Process Layout***

Pada gambar 4 menunjukkan tata letak permesinan berjenis *process layout* dimana penempatan permesinan dikelompokkan berdasarkan jenis permesinan tersebut. Gambar 4 memperlihatkan jenis mesin yang memiliki fungsi yang sama dikelompokkan dalam satu kelompok. Tata letak berdasarkan aliran proses umumnya diaplikasikan untuk industri yang bekerja dengan jumlah/volume produksi yang relatif kecil dan terutama sekali untuk jenis produk-produk yang tidak distandarkan. Tata letak tipe aliran proses ini akan jauh lebih fleksibel bilamana dibandingkan dengan tata letak tipe aliran produk. Industri-industri yang beroperasi berdasarkan *order (job order)* akan lebih tepat kalau menerapkan *layout* tipe aliran proses. Berikut merupakan gambar dari *process layout*.

### 3. Fixed Position Layout

Pada *layout* tipe ini fasilitas produksi yang digunakan berpindah-pindah ke tempat di mana operasi mesin tersebut dibutuhkan. *Layout* tipe ini hanya digunakan pada pembuatan produk-produk besar seperti pesawat, kapal, bandar udara, bangunan dan produk-produk berukuran besar lainnya. Para operator mesin beserta seluruh mesin-mesin produksi dan perangkat pendukung dibawa ke lokasi pembuatan produk. Berikut merupakan gambar tata letak fasilitas yang menggunakan *fixed position layout*.

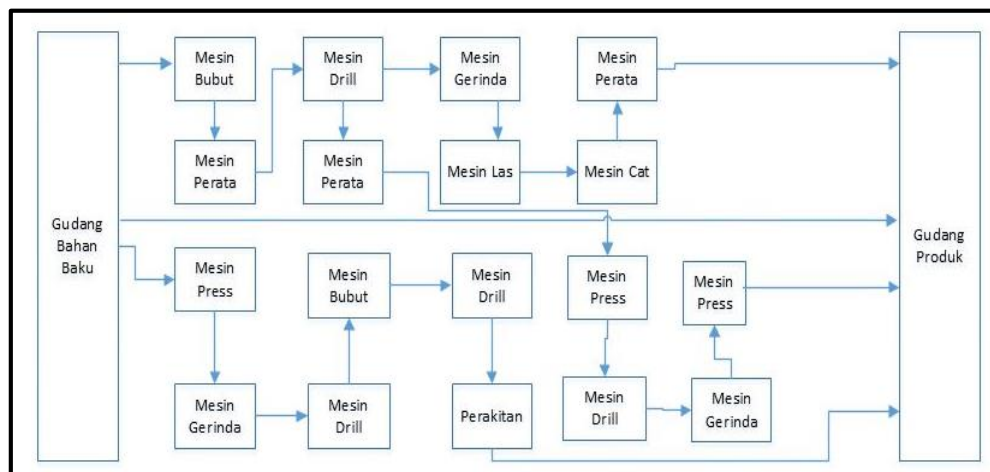


**Gambar 5 Fixed Position Layout**

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa produk berada di tengah dan fasilitas permesinan yang digunakan akan bergerak menuju titik tengah tersebut dimana produk berada. *Layout* ini memberikan fleksibilitas yang sangat tinggi dan aliran bahan yang sangat rendah karena fasilitas produksi ditempatkan dimana operasi dilakukan. Tetapi biaya pemindahan fasilitas akan tinggi karena harus selalu berpindah-pindah ke tempat dimana fasilitas tersebut dibutuhkan. Dengan demikian, efek biaya yang ditimbulkannya terhadap biaya produksi pada umumnya cukup tinggi. Berikut merupakan gambar dari *fixed position layout*.

#### 4. Group Technology Layout

Pengelompokan mesin-mesin ke dalam sel mesin dan part-part ke dalam family part berdasarkan kesamaan desain dan urutan proses (*flow process*). Tata letak tipe ini didasarkan pada pengelompokan produk atau komponen yang dibuat. Produk-produk yang tidak identik dikelompokkan berdasarkan langkah-langkah pemrosesan, bentuk, mesin atau peralatan yang dipakai bukan berdasarkan pada kesamaan jenis produk akhir seperti halnya pada tipe produk *layout*. Berikut merupakan gambar tata letak permesinan jenis *group technology layout*.



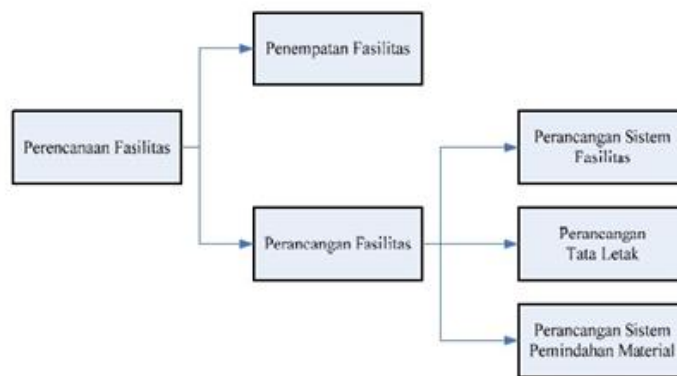
**Gambar 6 Group Technology Layout**

Gambar 6 menunjukkan bahwa penempatan permesinan dan fasilitas produksi dikelompokkan dalam sebuah *manufacturing cell*. Penempatan permesinan berdasarkan kelompok produk yang memiliki urutan proses yang sama, sehingga akan menghasilkan tingkat efisiensi yang tinggi dalam proses manufacturing.

#### 2.2 Definisi Perancangan Tata Letak Fasilitas

Apple (1990) telah mendefinisikan perancangan tata letak pabrik sebagai mendapatkan interelasi yang paling efektif dan efisien antar operator, peralatan dan proses transformasi material dari bagian penerimaan sampai bagian pengiriman produk jadi.

Pengaturan tersebut akan memanfaatkan luas area untuk penempatan mesin atau fasilitas penunjang produksi lainnya, kelancaran aliran perpindahan material, penyimpanan material baik yang bersifat temporer maupun permanen. Pada umumnya tata letak pabrik yang terencana dengan baik ikut menentukan efisiensi, memberikan kemudahan dalam proses pengawasan dan menghadapi rencana perluasan pabrik di kemudian hari. Perencanaan fasilitas pabrik dapat digambarkan secara skematis oleh Apple (1990) seperti pada gambar berikut.



**Gambar 7 Tahapan Perencanaan Fasilitas Pabrik**

Berdasarkan gambar 7, perencanaan fasilitas pabrik terdiri atas dua hal yaitu penempatan fasilitas dan perancangan fasilitas. Penempatan fasilitas pabrik mempengaruhi kinerja pabrik dalam melakukan proses produksi hal ini dikarenakan, penempatan fasilitas pabrik yang buruk akan berdampak pada keterlambatan pekerjaan, *bottleneck* pada aliran bahan baku dan menurunkan produktifitas pabrik. Perancangan fasilitas terdiri dari tiga hal yaitu perancangan sistem fasilitas, perancangan tata letak dan perancangan sistem pemindahan material.

### **2.3 Prinsip-Prinsip Dasar Perencanaan Desain Tata Letak**

Apple (1990) menyimpulkan 6 prinsip-prinsip dasar dalam tata letak pabrik dari tujuan dan keuntungan-keuntungan yang didapat dari tata letak yang terencana dengan baik sebagai berikut:

1. Integrasi secara menyeluruh dari semua faktor yang mempengaruhi proses produksi.
2. Meminimalkan jarak perpindahan jarak material yang bergerak dari satu operasi ke operasi berikutnya.
3. Aliran kerja pabrik berlangsung lancar dengan menghindari gerakan *backtracking*, gerakan memotong dan *bottleneck*.
4. Semua area yang ada dimanfaatkan secara efektif dan efisien.
5. Kepuasan kerja dan rasa aman dari pekerja dijaga dengan sebaik-baiknya.
6. Pengaturan tata letak harus cukup fleksibel.

## **2.4 Tujuan Dari Perancangan Tata Letak Fasilitas**

Menurut Apple (1990), tujuan perancangan fasilitas adalah untuk mengolah bahan baku dan pasokan melalui setiap fasilitas dalam waktu sesingkat mungkin dengan biaya yang wajar. Dalam sebuah industri manufaktur, semakin cepat barang berada dalam perusahaan, maka semakin kecil biaya tenaga kerja dan biaya tidak langsung yang dibebankan pada perusahaan. Sebagian besar perancangan fasilitas berhubungan dengan fasilitas sebuah industri atau pabrik, hal ini memudahkan penerapan konsep, prinsip dan aturan untuk merancang setiap fasilitas bagi setiap perusahaan manufaktur.

## **2.5 Pola Aliran Material**

Aliran merupakan salah satu hal penting yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan tata letak fasilitas manufaktur. Aliran ini meliputi aliran material, informasi dan manusia di antara departemen. Suatu perencanaan aliran yang efektif adalah kombinasi antara aliran dengan *aisle* yang mencukupi untuk memperoleh pergerakan yang baik dari tempat asal ke tempat yang dituju (Apple, 1990). Sebuah pola aliran material yang direncanakan dengan baik dan cepat mempunyai beberapa keuntungan, diantaranya :

1. Pemanfaatan ruang pabrik yang lebih baik
2. Kegiatan pemindahan material lebih sederhana
3. Mengurangi waktu dalam proses
4. Meminimalkan kecelakaan kerja, aliran baik dan kondisi penuh sesak

5. Mengurangi kemacetan lalu lintas di gang
6. Aliran produksi lancar
7. Urutan pekerjaan logis
8. Meningkatkan efisiensi produksi

Menurut Apple (1990) aliran balik dan lintas aliran yang bersimpangan harus dihindarkan. Aliran material dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja selanjutnya merupakan faktor penting dalam menentukan pola aliran. Pertentangan akan muncul jika komponen harus keluar dari lintasan ke wilayah lain karena prosesnya. Hal ini bisa juga terjadi jika pekerjaan harus kembali ke sebuah mesin untuk kedua kalinya karena penyediaan dua mesin identik akan tidak ekonomis. Maka tempat pekerjaan yang berkaitan sebaiknya saling berkaitan.

## 2.6 Flow Shop

Proses produksi dengan aliran *flow shop* berarti proses produksi dengan aliran identik dari satu mesin ke mesin lain (Wignjosoebroto, 2009). Dalam prosesnya produk hanya melewati satu kali proses dalam satu mesin untuk kemudian diproses kembali dengan mesin lainnya. Berikut merupakan diagram aliran bahan baku *flow shop*.

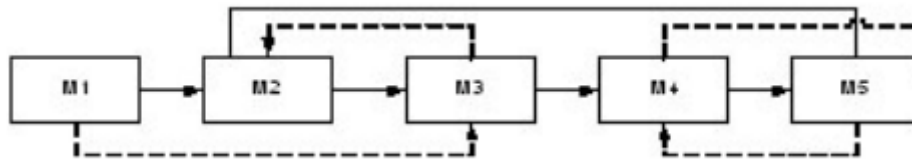


**Gambar 8 Aliran Material *Flow Shop***

Gambar 8 menunjukkan tahapan proses permesinan dari tahap M1 sampai dengan M5 dilakukan dengan hanya melewati satu kali permesinan dan tanpa adanya proses aliran balik.

## 2.7 Job Shop

Proses produksi dengan aliran *job shop* berarti proses produksi dengan pola aliran atau rute proses pada tiap mesin yang spesifik untuk setiap pekerjaan dan berbeda untuk tiap pekerjaan (Wignjosoebroto, 2009). Akibat aliran proses yang tidak searah ini, maka setiap pekerjaan yang akan diproses pada suatu mesin dapat merupakan pekerjaan yang baru atau pekerjaan dalam proses sesuai dengan diagram berikut.



**Gambar 9 Aliran Material *Job Shop***

Seperti yang digambarkan pada gambar 9, anak panah yang bergaris putus-putus menunjukkan bahwa pada aliran prosesnya memungkinkan untuk dilakukannya proses permesinan ulang kembali ataupun lompat ke tahapan selanjutnya tanpa melewati mesin yang terletak bersebelahan.

## 2.8 Penerapan *Mixed Integer Programming* Pada Optimasi *Layout*

*Mixed Integer Programming* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk melakukan optimasi pada *layout* sebuah pabrik. Metode ini digunakan oleh peneliti dikarenakan jenis *layout* yang akan diteliti merupakan jenis *layout* yang bersifat *multiple row layout* (tata letak yang memiliki lebih dari satu baris permesinan). Pada metode *mixed integer programming* terdapat fungsi pembatas yang memungkinkan untuk mempertimbangkan posisi mesin secara vertical maupun horizontal sehingga mempermudah dalam menyelesaikan permasalahan pada jenis *layout* yang bersifat *multiple row layout*. Berikut merupakan model *Mixed Integer Programming* yang digunakan untuk dilakukannya optimasi *layout* berdasarkan Heragu (1997).

$$X_{ij}^+ \begin{cases} (X_i - X_j) & \text{jika } (X_i - X_j) > 0 \\ 0 & \text{jika } (X_i - X_j) \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

$$X_{ij}^- \begin{cases} (X_i - X_j) & \text{jika } (X_i - X_j) \leq 0 \\ 0 & \text{jika } (X_i - X_j) > 0 \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

$$Y_{ij}^+ \begin{cases} (Y_i - Y_j) & \text{jika } (Y_i - Y_j) > 0 \\ 0 & \text{jika } (Y_i - Y_j) \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

$$Y_{ij}^- \begin{cases} (Y_i - Y_j) & \text{jika } (Y_i - Y_j) \leq 0 \\ 0 & \text{jika } (Y_i - Y_j) > 0 \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$



$X_{ij}$  : Variabel jarak horizontal posisi fasilitas i dari titik acuan horizontal

$Y_{ij}$  : Variabel jarak vertikal posisi fasilitas I dari titik acuan vertikal

M : Big M

$f_{ij}$  : Frekuensi pergerakan material dari fasilitas i ke fasilitas j

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n f_{ij} (|X_{ij}^+ - X_{ij}^-| + |Y_{ij}^+ - Y_{ij}^-|) \dots \dots \dots (5)$$

Subject to

$$Xi - Xj + M.p_{ij} + M.q_{ij} \geq 1 \quad \forall i = 1,2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots \dots \dots (6)$$

Jarak horizontal fasilitas i ke batasan horizontal *layout* – Jarak horizontal fasilitas j ke batasan horizontal *layout* + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kiri mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kiri mesin ij) + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kanan mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kanan mesin ij)  $\geq 1$  (memberikan jarak antara permesinan sehingga antara permesinan tidak saling *overlapping*).

$$-(Xi - Xj) + M.p_{ij} + M(1 - q_{ij}) \geq 1 \quad \forall i = 1,2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots \dots \dots (7)$$

– Jarak horizontal fasilitas i ke batasan horizontal *layout* – Jarak horizontal fasilitas j ke batasan horizontal *layout* + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kiri mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kiri mesin ij) + Big M x 1 – Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kanan mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kanan mesin ij)  $\geq 1$  (memberikan jarak antara permesinan sehingga antara permesinan tidak saling *overlapping*).

$$Yi - Yj + M.p_{ij} + M.q_{ij} \geq 1 \quad \forall i = 1,2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots \dots \dots (8)$$

Jarak vertikal fasilitas i ke batasan vertikal *layout* – Jarak vertikal fasilitas j ke batasan vertikal *layout* + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kiri mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kiri mesin ij) + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kanan mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kanan mesin ij)  $\geq 1$  (memberikan jarak antara permesinan sehingga antara permesinan tidak saling *overlapping*).

$$-(Y_i - Y_j) + M.p_{ij} + M(1 - q_{ij}) \geq 1 \quad \forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots n \quad (9)$$

– Jarak vertikal fasilitas i ke batasan vertikal *layout* – Jarak vertikal fasilitas j ke batasan vertikal *layout* + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kiri mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kiri mesin ij) + Big M x 1 – Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kanan mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kanan mesin ij)  $\geq 1$  (memberikan jarak antara permesinan sehingga antara permesinan tidak saling *overlapping*).

$$X_i - X_j = X_{ij}^+ - X_{ij}^- \quad \forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots n \quad (10)$$

$$Y_i - Y_j = Y_{ij}^+ - Y_{ij}^- \quad \forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots n \quad (11)$$

$$X_{ij}^+, X_{ij}^-, Y_{ij}^+, Y_{ij}^- \geq 0 \quad \forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots n \quad (12)$$

$$p_{ij}, q_{ij} = 0 \text{ or } 1 \quad \forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots n \quad (13)$$

Persamaan (1) sampai dengan (4) adalah variabel keputusan model, persamaan (5) adalah fungsi tujuan untuk meminimalkan total biaya transportasi. Model *Mixed Integer Programming* ini mempertimbangkan posisi fasilitas secara horizontal dan vertikal. Persamaan (6) dan (7) memastikan fasilitas i berada di sebelah kiri atau kanan fasilitas j. Persamaan (8) dan (9) memastikan fasilitas i berada di atas atau bawahnya fasilitas j. Persamaan (6) sampai dengan (9) memastikan tidak ada fasilitas yang posisinya overlap.

## 2.9 Penelitian Terdahulu

Sebelumnya terdapat beberapa penelitian yang menggunakan metode optimasi untuk memperoleh *layout* optimal. Terdapat beberapa perbedaan dan persamaan dari penelitian terdahulu yang ditunjukkan pada tabel berikut:

**Tabel 2 Daftar Penelitian Terdahulu**

No.	Penulis	Tahun	Judul	Kesimpulan	Persamaan	Perbedaan
1	A. Attila Islier	2015	Dynamic Facility Layout Problem in Footwear Industry	Didapatkan <i>layout</i> optimal yang disesuaikan dengan faktor waktu dan periode penjualan.	Minimasi pergerakan <i>material handling</i> .	Adanya variabel waktu atau periode yang menentukan hasil penelitian.
2	Ariza Nur Abdillah	2015	Perancangan Tata Letak Fasilitas Pabrik Menggunakan Metode Algoritma Corelap Di PT. Refi Chemical Industry.	Didapatkan <i>layout</i> optimal dan efisiensi biaya yang dihasilkan	Minimasi pergerakan <i>material handling</i> dan biaya <i>material handling</i> .	Metode yang digunakan adalah metode Algoritma CORELAP.
3	Darmansyah Lubis	2004	Optimasi Layout Fasilitas Produksi Dengan Metode Quadratic Programming	<i>Didapatkan layout optimal</i> dengan perpindahan material yang efisien.	Minimasi perpindahan bahan baku.	Metode yang digunakan adalah metode Quadratic Modelling.

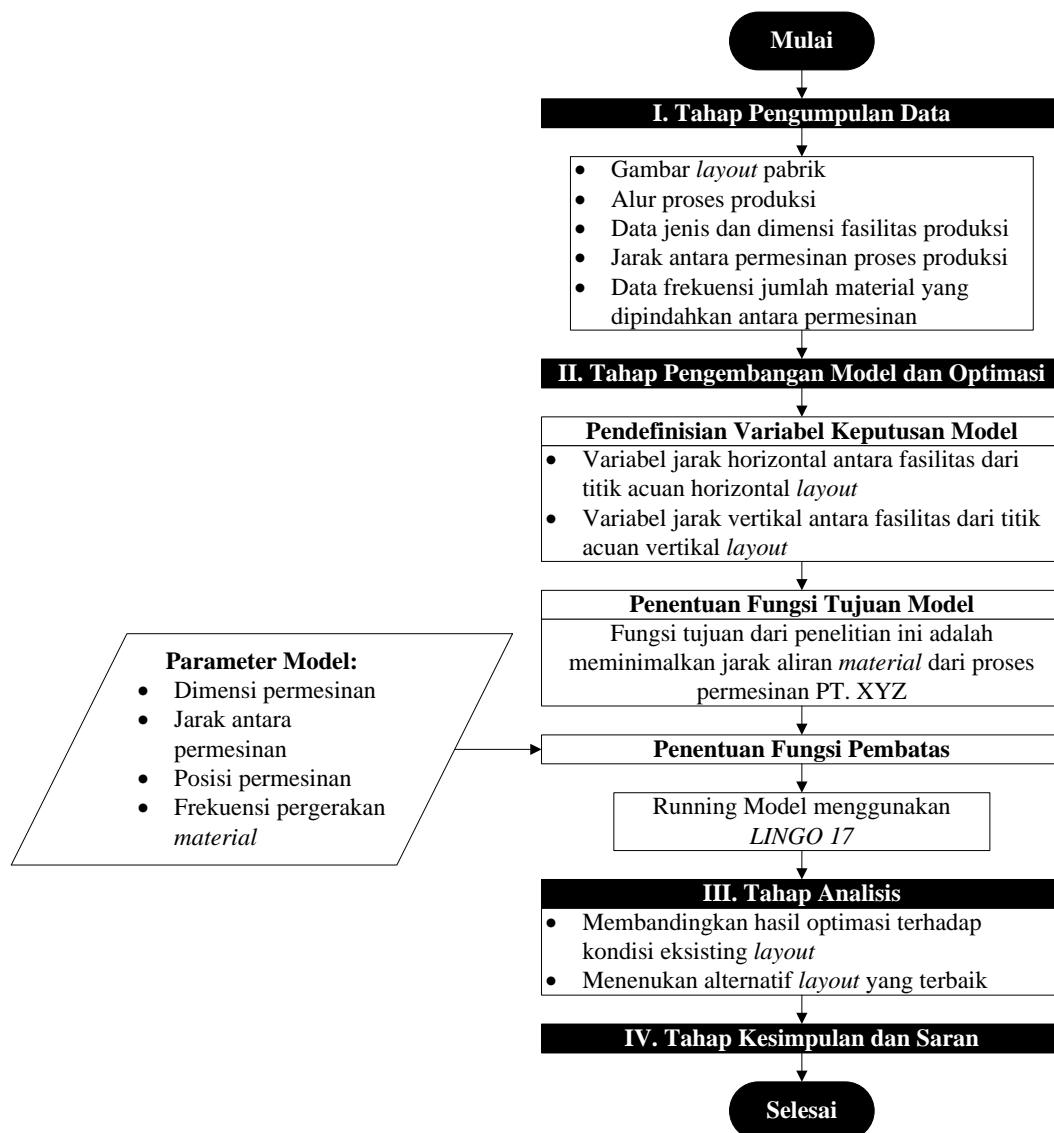
**Tabel 2 Daftar Penelitian Terdahulu (lanjutan)**

No.	Penulis	Tahun	Judul	Kesimpulan	Persamaan	Perbedaan
4	Maria Manuela Azevedo	2017	A Dynamic Multi-Objective Approach for the Reconfigurable Multi-Facility Layout Problem	Didapatkan <i>layout</i> optimal yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan perusahaan.	Minimasi pergerakan <i>material handling</i> .	Memiliki fungsi tujuan lebih dari satu (selain minimasi <i>material handling</i> adanya minimasi ketidaksesuaian posisi fasilitas).
5	Miguel F. Anjos	2017	Mathematical Optimization Approaches For Facility Layout Problems	Didapatkan model matematis baru pada <i>multi floor layout</i> .	Mempertimbangkan dimensi fasilitas permesinan.	Metode yang digunakan adalah <i>Semidefinite optimization</i> .
6	Shanshan Zha	2017	Robust Facility Layout Design under Uncertain Product Demands	Didapatkan <i>layout</i> permesinan yang optimal dengan mempertimbangkan faktor ketidakpastian permintaan.	Minimasi pergerakan <i>material handling</i> .	Mempertimbangkan faktor ketidakpastian permintaan.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah atau pendekatan yang akan dilakukan dalam penelitian untuk melakukan optimasi terhadap *layout* fasilitas produksi. Penyusunan penelitian ini secara garis besar digambarkan dalam *flowchart* seperti pada gambar 3.1 sebagai berikut.



Gambar 10 *Flowchart* Penelitian

### **3.1 Tahap Pengumpulan Data**

Pada tahapan ini peneliti akan melakukan pengambilan dan pengumpulan data yang nantinya akan digunakan untuk melakukan proses optimasi terhadap *layout* lantai produksi PT. XYZ. Data yang diperlukan oleh peneliti yang pertama adalah gambar *layout* kondisi terkini lantai produksi PT. XYZ. Gambar *layout* kondisi terkini lantai produksi PT. XYZ digunakan untuk mengetahui tata letak dari masing – masing mesin produksi. Setelah didapatkan gambar *layout* lantai produksi PT. XYZ, peneliti melakukan identifikasi alur proses produksi dari ketujuh komponen yang menjadi objek penelitian. Alur proses produksi menentukan tahapan proses permesinan dari masing – masing komponen. Pengambilan data dilanjutkan dengan mengidentifikasi dimensi panjang lebar dari masing – masing mesin produksi PT. XYZ. Data dimensi mesin produksi digunakan untuk menentukan fungsi pembatas pada model yang akan dirancang oleh peneliti. Selain data dimensi permesinan, data jarak antara masing – masing mesin produksi dan data frekuensi perpindahan material merupakan data yang juga diperlukan dikarenakan juga akan mempengaruhi fungsi pembatas dari model yang akan dirancang,

### **3.2 Tahap Pengembangan Model dan Optimasi**

Model matematis yang digunakan peneliti adalah model matematis *mixed integer programming* berdasarkan Heragu (1997). Perbedaan model matematis yang digunakan peneliti dengan model matematis Heragu (1997) adalah adanya penambahan parameter dimensi permesinan pada model matematis peneliti. Penambahan parameter dimensi permesinan diperlukan dikarenakan kondisi eksisting permesinan PT. XYZ memiliki dimensi yang berbeda sehingga perlu adanya penambahan parameter panjang dan lebar permesinan.

Tahapan pengembangan model dan optimasi diawali dengan pendefinisian variabel keputusan. Variabel keputusan adalah variabel yang menguraikan secara lengkap keputusan yang akan dibuat. Berikut ini merupakan variabel keputusan dan parameter model dari penelitian yang akan dilakukan.

**Parameter Model:**

$f_{ij}$  : Frekuensi pergerakan material dari fasilitas i ke fasilitas j

M : Big M

$X_i$  : Jarak horizontal fasilitas i ke batasan horizontal *layout*

$Y_i$  : Jarak vertikal fasilitas i ke batasan vertikal *layout*

$I_i$  : Lebar fasilitas i

$B_i$  : Panjang fasilitas i

$DH_{ij}$  : Jarak horizontal fasilitas i ke fasilitas j

$DV_{ij}$  : Jarak vertikal fasilitas i ke fasilitas j

**Variabel Model:**

$X_{ij}$  : Variabel jarak horizontal posisi fasilitas i ke fasilitas j dari titik acuan horizontal

$Y_{ij}$  : Variabel jarak vertikal posisi fasilitas i ke fasilitas j dari titik acuan vertikal

$$X_{ij}^+ \begin{cases} (X_i - X_j) & \text{jika } (X_i - X_j) > 0 \\ 0 & \text{jika } (X_i - X_j) \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

$$X_{ij}^- \begin{cases} (X_i - X_j) & \text{jika } (X_i - X_j) \leq 0 \\ 0 & \text{jika } (X_i - X_j) > 0 \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

$$Y_{ij}^+ \begin{cases} (Y_i - Y_j) & \text{jika } (Y_i - Y_j) > 0 \\ 0 & \text{jika } (Y_i - Y_j) \leq 0 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

$$Y_{ij}^- \begin{cases} (Y_i - Y_j) & \text{jika } (Y_i - Y_j) \leq 0 \\ 0 & \text{jika } (Y_i - Y_j) > 0 \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

Setelah dilakukannya pendefinisian variabel keputusan langkah selanjutnya adalah menentukan fungsi tujuan penelitian. Fungsi tujuan dari penelitian ini adalah meminimalkan *material handling* dari proses permesinan PT. XYZ sehingga didapatkan *layout* rantai produksi yang optimal. Berikut ini merupakan formulasi fungsi tujuan dari penelitian ini.

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n f_{ij} (|X_{ij}^+ - X_{ij}^-| + |Y_{ij}^+ - Y_{ij}^-|) \dots\dots\dots (5)$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan fungsi pembatas dari penelitian. Fungsi pembatas yang harus dipenuhi pada pengembangan model yang dilakukan peneliti adalah sebagai berikut.

$$X_i - X_j + M \cdot Z_{ij} \geq 1(I_i + I_j) + DH_{ij};$$

$$\forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots n \dots (6)$$

Jarak horizontal fasilitas i ke batasan horizontal *layout* – Jarak horizontal fasilitas j ke batasan horizontal *layout* + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kiri mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kiri mesin ij) + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kanan mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kanan mesin ij)  $\geq 1$  (memberikan jarak antara permesinan sehingga antara permesinan tidak saling *overlapping*) x (lebar fasilitas i + lebar fasilitas j) x jarak horizontal fasilitas i ke fasilitas j.

$$-(X_i - X_j) + M \cdot Z_{ij} \geq 1(I_i + I_j) + DH_{ij};$$

$$\forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots n \dots (7)$$

– Jarak horizontal fasilitas i ke batasan horizontal *layout* – Jarak horizontal fasilitas j ke batasan horizontal *layout* + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kiri mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kiri mesin ij) + Big M x 1 – Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kanan mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kanan mesin ij)  $\geq 1$  (memberikan jarak antara permesinan sehingga antara permesinan tidak saling *overlapping*) x (lebar fasilitas i + lebar fasilitas j) x jarak horizontal fasilitas i ke fasilitas j.

$$Y_i - Y_j + M \cdot P_{ij} \geq 1(B_i + B_j) + DV_{ij};$$

$$\forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots n \dots (8)$$

Jarak vertikal fasilitas i ke batasan vertikal *layout* – Jarak vertikal fasilitas j ke batasan vertikal *layout* + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kiri mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kiri mesin ij) + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kanan mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kanan mesin ij)  $\geq 1$  (memberikan jarak antara permesinan sehingga



antara permesinan tidak saling *overlapping*) x (panjang fasilitas i + panjang fasilitas j) x jarak vertikal fasilitas i ke fasilitas j.

$$-(Y_i - Y_j) + M.P_{ij} \geq 1(B_i + B_j) + DV_{ij};$$

$$\forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots \dots \dots (9)$$

– Jarak vertikal fasilitas i ke batasan vertikal *layout* – Jarak vertikal fasilitas j ke batasan vertikal *layout* + Big M x Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kiri mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kiri mesin ij) + Big M x 1 – Bilangan Biner (0: Tidak ada mesin disebelah kanan mesin ij atau 1: Terdapat mesin disebelah kanan mesin ij)  $\geq 1$  (memberikan jarak antara permesinan sehingga antara permesinan tidak saling *overlapping*) x (panjang fasilitas i + panjang fasilitas j) x jarak vertikal fasilitas i ke fasilitas j.

$$X_i - X_j = X_{ij}^+ - X_{ij}^-;$$

$$\forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots \dots \dots (10)$$

$$Y_i - Y_j = Y_{ij}^+ - Y_{ij}^-;$$

$$\forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots \dots \dots (11)$$

$$X_{ij}^+, X_{ij}^-, Y_{ij}^+, Y_{ij}^- \geq 0;$$

$$\forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots \dots \dots (12)$$

$$p_{ij}, q_{ij} = 0 \text{ or } 1;$$

$$\forall i = 1, 2 \dots n - 1; j = i + 1 \dots \dots \dots (13)$$

Model *Mixed Integer Programming* yang diterapkan oleh peneliti mempertimbangkan posisi fasilitas secara horizontal dan vertikal. Persamaan (6) dan (7) memastikan fasilitas i berada di sebelah kiri atau kanan fasilitas j. Persamaan (8) dan (9) memastikan fasilitas i berada di atas atau bawahnya fasilitas j. Persamaan (6) sampai dengan (9) memastikan tidak ada fasilitas yang posisinya overlap.

Setelah ditentukannya fungsi pembatas dari model yang akan dirancang proses selanjutnya adalah melakukan proses optimasi menggunakan bantuan

*software LINGO 17*. Hasil *running* model dengan menggunakan *software LINGO 17* akan menghasilkan solusi yang optimal dengan waktu komputasi dan jumlah iterasi tertentu.

### **3.4 Tahap Analisis**

Pada tahap ini akan dipaparkan hasil yang diperoleh dari hasil *running* model dengan menggunakan *software LINGO 17*. Analisis dilakukan berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Perbandingan antara kondisi eksisting dari *layout* PT. XYZ dengan hasil optimasi dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh peningkatan kinerja yang terjadi. Selain melakukan perbandingan terhadap kondisi eksisting *layout*, pada tahapan ini akan dilakukan analisis terkait alternatif – alternatif *layout* perbaikan. Hal ini dilakukan untuk menentukan alternatif perbaikan *layout* terbaik.

### **3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran**

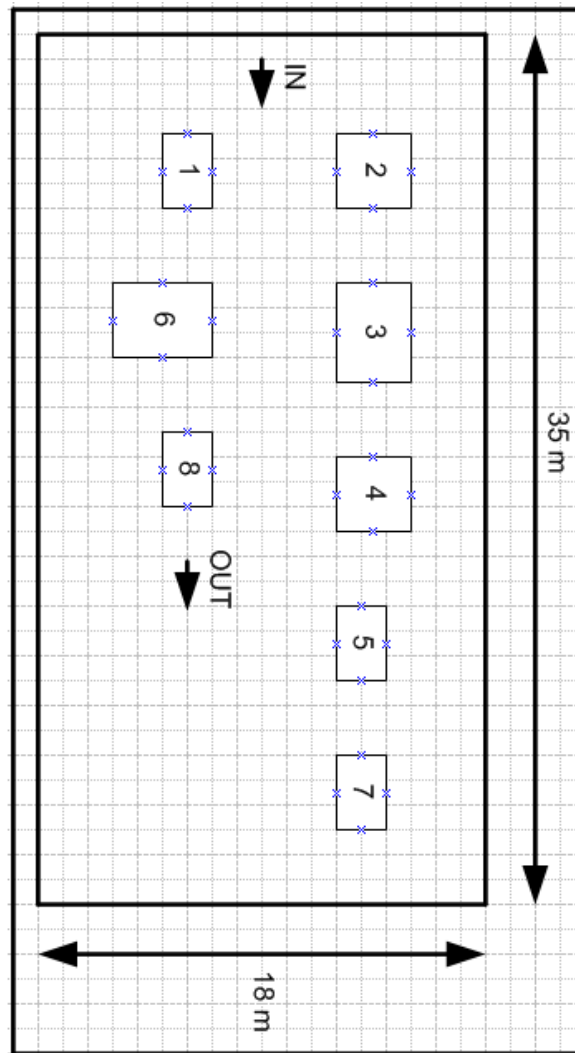
Langkah terakhir yang dilakukan pada penelitian ini adalah penentuan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta pemberian rekomendasi terhadap perbaikan *layout* PT. XYZ. Penentuan rekomendasi harus berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, sedangkan kesimpulan yang diberikan harus dapat menjawab dari tujuan penelitian dilakukan.

## BAB IV

### PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

#### 4.1 Gambar *Layout* Lantai Produksi PT. XYZ

Berikut ini merupakan gambar *layout* lantai produksi PT. XYZ.



**Gambar 11 *Layout* Lantai Produksi**

Gambar 11 menunjukkan kondisi terkini *layout* lantai produksi PT. XYZ yang memberikan gambaran mengenai posisi dari fasilitas produksi. Pada gambar 11, terlihat bahwa terdapat delapan jenis permesinan yang digunakan PT. XYZ untuk proses produksi. Kondisi eksisting *layout* pada gambar 11 memperlihatkan bahwa terdapat dua baris permesinan yang digunakan oleh PT. XYZ. Masing –

masing fasilitas memiliki dimensi dan fungsi yang berbeda – beda. Berikut ditampilkan tabel yang menunjukkan jenis - jenis mesin yang digunakan PT. XYZ beserta dimensinya.

**Tabel 3 Data Jenis Permesinan dan Dimensi Permesinan**

No.	Jenis Mesin	Dimensi (m)
1	Blanking	3x2
2	Embossing	3x3
3	Forming	4x3
4	Extrusion	3x3
5	Punching	3x2
6	Restrike	3x4
7	Flatness	3x2
8	Trimming	3x2

Berdasarkan tabel 3, terdapat delapan jenis permesinan yang digunakan PT. XYZ dimana setiap permesinan tersebut memiliki ukuran panjang lebar yang berbeda – beda. Ukuran dimensi yang berbeda – beda ini akan menjadi pertimbangan peneliti untuk menyusun model matematis pada tahapan berikutnya.

#### 4.2 Data Jarak Antara Permesinan

Berikut ini merupakan tabel matriks yang menunjukkan jarak antara masing – masing permesinan PT. XYZ.

**Tabel 4 Matriks Jarak Permesinan**

Jarak Mesin	1	2	3	4	5	6	7	8
1		5	11	18	24	11	30	17
2	5		11	18	24	11	30	17
3	11	11		12	18	5	23	10
4	18	18	12		11	12	17	6
5	24	24	18	11		18	11	12
6	11	11	5	12	18		24	11
7	30	30	23	17	11	24		18
8	17	17	10	6	12	11	18	

Tabel 4 menunjukkan jarak antara permesinan yang diukur dari jarak horizontal dan jarak vertikal masing – masing mesin. Data jarak permesinan ini

digunakan peneliti sebagai inputan dalam menyusun model matematis pada tahapan - tahapan berikutnya.

#### 4.3 Data Perpindahan Aliran *Material* Permesinan

Data perpindahan aliran *material* akan disajikan berdasarkan jenis komponen yang diproduksi. Pada penelitian ini terdapat lima jenis komponen yang akan diteliti yaitu komponen jenis *front flange*, *bracket cable*, *end flange*, *middle flange* dan *inner pipe*. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan aliran *material* permesinan masing – masing komponen.

- *Front Flange*

**Tabel 5 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen *Front Flange***

	1	2	3	4	5	6	7	8
Blanking		3330						
Embossing	3330				3330			
Forming					3330			
Extrusion								
Punching		3330	3330				3330	3330
Restrike								
Flatness					3330			3330
Trimming					3330		3330	

Tabel 5 menunjukkan aliran *material* jenis komponen *front flange*. Pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa aliran *material* jenis komponen *front flange* tidak melewati semua permesinan melainkan hanya melalui 5 proses permesinan. Data pada tabel 5 akan digunakan peneliti pada tahap berikutnya.

- *Bracket Cable*

**Tabel 6 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen *Bracket Cable***

	1	2	3	4	5	6	7	8
Blanking			5550					
Embossing								
Forming	5550				5550			
Extrusion					5550			5550
Punching			5550	5550				
Restrike								
Flatness								
Trimming				5550				

Tabel 6 menunjukkan aliran *material* jenis komponen *bracket cable*. Pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa aliran *material* jenis komponen *bracket cable* tidak melewati semua permesinan melainkan hanya melalui 4 proses permesinan. Data pada tabel 6 akan digunakan peneliti pada tahap berikutnya.

- *End Flange*

**Tabel 7 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen *End Flange***

	1	2	3	4	5	6	7	8
Blanking			6660					
Embossing								
Forming	6660				6660			
Extrusion					6660			
Punching			6660	6660				
Restrike								
Flatness								
Trimming								

Tabel 7 menunjukkan aliran *material* jenis komponen *end flange*. Pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa aliran *material* jenis komponen *end flange* tidak melewati semua permesinan melainkan hanya melalui 3 proses permesinan. Data pada tabel 7 akan digunakan peneliti pada tahap berikutnya.

- *Middle Flange*

**Tabel 8 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen *Middle Flange***

	1	2	3	4	5	6	7	8
Blanking								
Embossing					2220			
Forming					2220			2220
Extrusion								
Punching		2220	2220					
Restrike								
Flatness								
Trimming			2220					

Tabel 8 menunjukkan aliran *material* jenis komponen *middle flange*. Pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa aliran *material* jenis komponen *middle flange* tidak melewati semua permesinan melainkan hanya melalui 3 proses permesinan. Data pada tabel 8 akan digunakan peneliti pada tahap berikutnya.

- *Inner Pipe*

**Tabel 9 Matriks Aliran Bahan Baku Komponen *Inner Pipe***

	1	2	3	4	5	6	7	8
Blanking								
Embossing								4440
Forming								
Extrusion								
Punching								
Restrike								4440
Flatness								
Trimming		4440				4440		

Tabel 9 menunjukkan aliran *material* jenis komponen *inner pipe*. Pada tabel tersebut memperlihatkan bahwa aliran *material* jenis komponen *inner pipe* tidak melewati semua permesinan melainkan hanya melalui 2 proses permesinan. Data pada tabel 9 akan digunakan peneliti pada tahap berikutnya.

- Total Pergerakan Aliran *Material*

**Tabel 10 Matriks Total Aliran Bahan Baku**

	1	2	3	4	5	6	7	8
Blanking		3330	12210	0	0	0	0	0
Embossing	3330		0	0	5550	0	0	4440
Forming	12210	0		0	17760	0	0	2220
Extrusion	0	0	0		12210	0	0	5550
Punching	0	5550	17760	12210		0	3330	3330
Restrike	0	0	0	0	0		0	4440
Flatness	0	0	0	0	3330	0		3330
Trimming	0	4440	2220	5550	3330	4440	3330	

Tabel 10 menunjukkan total aliran *material* kelima jenis komponen. Data pada tabel 10 digunakan peneliti sebagai inputan data pada tahap pemodelan matematis. Tahap pemodelan matematis dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa parameter lain seperti dimensi permesinan, jarak antara permesinan dan batas horizontal dan vertikal *layout*.

#### 4.4 Pengembangan Model Optimasi

Pengembangan model optimasi penelitian diawali dengan menentukan parameter dan variabel model. Langkah selanjutnya adalah menentukan fungsi tujuan dari model yang akan dirancang. Setelah fungsi tujuan ditentukan langkah selanjutnya menentukan fungsi pembatas dari model matematis.

##### 4.4.1 Parameter dan Variabel Model

Parameter model merupakan data yang didapatkan dan digunakan sebagai inputan dalam model matematis yang akan disusun sedangkan variabel model merupakan outputan yang dicari dalam model. Berikut ditampilkan parameter dan variabel model matematis yang disusun.

##### Parameter Model:

$f_{ij}$  : Frekuensi pergerakan material dari fasilitas i ke fasilitas j

$L$  : Panjang lantai produksi

$W$  : Lebar lantai produksi

$X_i$  : Jarak horizontal fasilitas i ke batasan horizontal *layout*

$Y_i$  : Jarak vertical fasilitas i ke batasan vertical *layout*

$I_i$  : Lebar fasilitas i

$B_i$  : Panjang fasilitas i

$Z_{ij}$  : Bersifat biner, jika fasilitas i berada disebelah kiri fasilitas j maka bernilai 1 jika tidak bernilai 0.

$P_{ij}$  : Bersifat biner, jika fasilitas i berada di atas fasilitas j maka bernilai 1 jika tidak bernilai 0.

Paramater model yang sudah ditentukan akan menjadi inputan dalam proses *running* model pada sub bab berikutnya. Berikut merupakan variabel model yang menjadi outputan dari model yang disusun.



### Parameter Model:

$X_{ij}$  : Variabel jarak horizontal posisi fasilitas i ke fasilitas j dari titik acuan horizontal

$Y_{ij}$  : Variabel jarak vertikal posisi fasilitas i ke fasilitas j dari titik acuan vertikal

Variabel model yang sudah ditentukan akan menjadi pertimbangan dalam menentukan fungsi tujuan dari model. Variabel model yang menjadi outputan menentukan jarak horizontal dan verikal antara fasilitas.

#### 4.4.2 Penentuan Fungsi Tujuan Model Matematis

Tujuan dari penelitian ini adalah meminimalkan aliran perpindahan bahan baku dalam proses produksi dengan menata ulang tata letak permesinan berdasarkan variabel keputusan untuk lokasi permesinan pada lantai produksi PT. XYZ. Secara skematis fungsi obyektif bisa dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n f_{ij} (|X_{ij}^+ - X_{ij}^-| + |Y_{ij}^+ - Y_{ij}^-|) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

$f_{ij}$  : Frekuensi pergerakan material dari fasilitas i ke fasilitas j

$X_{ij}$  : Variabel jarak horizontal posisi fasilitas i ke fasilitas j dari titik acuan horizontal

$Y_{ij}$  : Variabel jarak vertikal posisi fasilitas i ke fasilitas j dari titik acuan vertikal

Secara matematis persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut berdasarkan data total pergerakan bahan selama satu tahun yang telah dipaparkan pada sub bab sebelumnya.

Fungsi Tujuan: Meminimumkan aliran bahan baku

$$\begin{aligned} \min & 3330 * (XP12 + YP12) + 12210 * (XP13 + YP13) + 0 * (XP14 + YP14) + 0 \\ & * (XP15 + YP15) + 0 * (XP16 + YP16) + 0 * (XP17 + YP17) + 0 * (XP18 + YP18) \\ & + 0 * (XP23 + YP23) + 0 * (XP24 + YP24) + 5550 * (XP25 + YP25) + 0 * (XP26 \\ & + YP26) + 0 * (XP27 + YP27) + 4440 * (XP28 + YP28) + 0 * (XP34 + YP34) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& 17760 * (XP35 + YP35) + 0 * (XP36 + YP36) + 0 * (XP37 + YP37) + 2220 * \\
& (XP38 + YP38) + 0 * (XP56 + YP56) + 3330 * (XP57 + YP57) + 3330 * (XP58 + \\
& YP58) + 0 * (XP67 + YP67) + 4440 * (XP68 + YP68) + 3330 * (XP78 + YP78) + \\
& 3330 * (XN12 + YN12) + 12210 * (XN13 + YN13) + 0 * (XN14 + YN14) + 0 * \\
& (XN15 + YN15) + 0 * (XN16 + YN16) + 0 * (XN17 + YN17) + 0 * (XN18 + \\
& YN18) + 0 * (XN23 + YN23) + 0 * (XN24 + YN24) + 5550 * (XN25 + YN25) + \\
& 0 * (XN26 + YN26) + 0 * (XN27 + YN27) + 4440 * (XN28 + YN28) + 0 * (XN34 \\
& + YN34) + 17760 * (XN35 + YN35) + 0 * (XN36 + YN36) + 0 * (XN37 + YN37) \\
& + 2220 * (XN38 + YN38) + 0 * (XN56 + YN56) + 3330 * (XN57 + YN57) + 3330 \\
& * (XN58 + YN58) + 0 * (XN67 + YN67) + 4440 * (XN68 + YN68) + 3330 * (XN78 \\
& + YN78)
\end{aligned}$$

Fungsi tujuan tersebut akan menjadi inputan pada *software LINGO 17* yang akan dicari nilai minimumnya. Nilai minimum yang dicari pada model yang dirancang adalah jarak antara fasilitas permesinan dengan mempertimbangkan frekuensi pergerakan material.

#### 4.4.3 Penentuan Fungsi Pembatas Model Matematis

Fungsi pembatas bertujuan untuk membatasi ruang lingkup dari model matematis yang disusun. Yang menjadi batasan dalam model yang disusun adalah dimensi permesinan, dimensi lantai produksi dan tata letak dari fasilitas permesinan. Berikut merupakan formulasi matematis fungsi pembatas model optimasi.

$$Xi - Xj + L \cdot Z_{ij} \geq 0.5(I_i + I_j); \quad i = 1, 2, \dots, n - 1; j = i + 1, \dots, n \quad (1)$$

Jarak horizontal fasilitas i ke batasan horizontal *layout* – Jarak horizontal fasilitas j ke batasan horizontal *layout* + Panjang lantai produksi x Bilangan Biner (jika fasilitas i berada disebelah kiri fasilitas j maka bernilai 1 jika tidak bernilai 0)  $\geq 0.5 \times$  (lebar fasilitas i + lebar fasilitas j).

$$-(X_i - X_j) + L \cdot Z_{ij} \geq 0.5(I_i + I_j); \quad i = 1, 2, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \quad (2)$$

– (Jarak horizontal fasilitas i ke batasan horizontal *layout* – Jarak horizontal fasilitas j ke batasan horizontal *layout*) + Panjang lantai produksi x Bilangan Biner (jika fasilitas i berada disebelah kiri fasilitas j maka bernilai 1 jika tidak bernilai 0)  $\geq 0.5$  x (lebar fasilitas i + lebar fasilitas j).

$$Y_i - Y_j + W \cdot P_{ij} \geq 1(B_i + B_j); \quad i = 1, 2, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \quad (3)$$

Jarak vertikal fasilitas i ke batasan horizontal *layout* – Jarak vertikal fasilitas j ke batasan horizontal *layout* + Lebar lantai produksi x Bilangan Biner (jika fasilitas i berada diatas fasilitas j maka bernilai 1 jika tidak bernilai 0)  $\geq 0.5$  x (lebar fasilitas i + lebar fasilitas j).

$$-(Y_i - Y_j) + W \cdot P_{ij} \geq 0.5(B_i + B_j); \quad i = 1, 2, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \quad (4)$$

– (Jarak vertikal fasilitas i ke batasan horizontal *layout* – Jarak vertikal fasilitas j ke batasan horizontal *layout*) + Lebar lantai produksi x Bilangan Biner (jika fasilitas i berada diatas fasilitas j maka bernilai 1 jika tidak bernilai 0)  $\geq 0.5$  x (lebar fasilitas i + lebar fasilitas j).

$$X_i - X_j = X_{ij}^+ - X_{ij}^-; \quad i = 1, 2, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \quad (5)$$

$$Y_i - Y_j = Y_{ij}^+ - Y_{ij}^-; \quad i = 1, 2, \dots, n-1; j = i+1, \dots, n \quad (6)$$

Persamaan (1) dan (2) memastikan fasilitas i berada di sebelah kiri atau kanan fasilitas j. Persamaan (3) dan (4) memastikan fasilitas i berada di atas atau bawahnya fasilitas j. Persamaan (1) sampai dengan (4) memastikan tidak ada fasilitas yang posisinya overlap. Berikut merupakan persamaan fungsi pembatas dari model matematis yang telah disusun.

$$X_1 - X_2 + 35 Z_{12} \geq 3$$

$$X_1 - X_2 + 35 Z_{12} \leq 32$$

$$Y_1 - Y_2 + 20 P_{12} \geq 2.5$$

$$Y_1 - Y_2 + 20 P_{12} \leq 17.5$$

$$X1 - X2 - XP12 + XN12 = 0$$

$$Y1 - Y2 - YP12 + YN12 = 0$$

.....

$$X4 - X7 - XP47 + XN47 = 0$$

$$X5 - X7 - XP57 + XN57 = 0$$

$$X6 - X7 - XP67 + XN67 = 0$$

$$X7 - X8 - XP78 + XN78 = 0$$

$$Y4 - Y7 - YP47 + YN47 = 0$$

$$Y5 - Y7 - YP57 + YN57 = 0$$

$$Y6 - Y7 - YP67 + YN67 = 0$$

$$Y7 - Y8 - YP78 + YN78 = 0$$

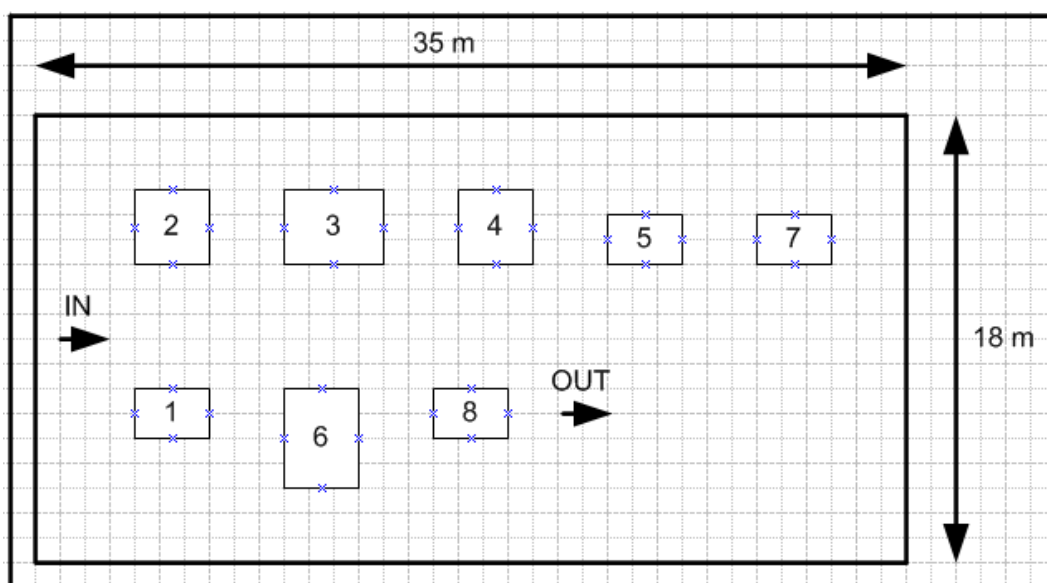
Penulisan persamaan tersebut tidak dilakukan secara keseluruhan. Persamaan fungsi pembatas yang lengkap akan dicantumkan pada lampiran penelitian. Setelah dilakukan penulisan persamaan fungsi pembatas yang mencakup keseluruhan permesinan langkah selanjutnya adalah *running* model dengan menggunakan *software LINGO 17*.

#### 4.5 Hasil *Running* Model

Setelah dilakukan penentuan fungsi pembatas model langkah selanjutnya adalah melakukan *running* model dengan menggunakan *software LINGO 17*. Hasil *running* model matematis akan menentukan posisi dari fasilitas produksi PT. XYZ. *Running* model dilakukan tiga kali untuk menentukan yang pertama dilakukan untuk mengevaluasi kondisi eksisting *layout* PT. XYZ. Setelah dilakukan evaluasi terhadap kondisi eksisting, dilakukan *running* model untuk menentukan alternatif *relayout*. Berikut merupakan hasil yang didapatkan setelah dilakukan *running* model.

#### 4.5.1 Eksisting layout PT. XYZ

Running model yang menunjukkan kondisi eksisting dilakukan untuk mengevaluasi kondisi terkini dari layout PT. XYZ. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil *running* model matematis antara kondisi eksisting dengan alternatif – alternatif *relayout*. Untuk mewakili kondisi eksisting dari layout PT. XYZ perlu memasukkan parameter model yang disesuaikan dengan tata letak permesinan PT. XYZ. Berikut merupakan layout eksisting PT. XYZ



**Gambar 12 Layout Eksisting**

Parameter model yang akan digunakan adalah parameter  $Z_{ij}$  dan parameter  $P_{ij}$ . Kedua parameter tersebut menentukan tata letak dari fasilitas permesinan dimana parameter  $Z_{ij}$  menentukan fasilitas berada disebelah kiri atau disebelah kanan dan parameter  $P_{ij}$  menentukan fasilitas berada diatas atau dibawah. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan inputan parameter  $Z_{ij}$  dan parameter  $P_{ij}$  pada model matematis yang disusun.

**Tabel 11 Inputan Parameter  $Z_{ij}$  dan  $P_{ij}$**

Parameter $Z_{ij}$				Parameter $P_{ij}$			
$Z_{12} = 0$	$Z_{23} = 1$	$Z_{35} = 1$	$Z_{48} = 0$	$P_{12} = 1$	$P_{23} = 0$	$P_{35} = 0$	$P_{48} = 0$
$Z_{13} = 1$	$Z_{24} = 1$	$Z_{36} = 0$	$Z_{56} = 0$	$P_{13} = 1$	$P_{24} = 0$	$P_{36} = 0$	$P_{56} = 0$
$Z_{14} = 1$	$Z_{25} = 1$	$Z_{37} = 1$	$Z_{57} = 1$	$P_{14} = 1$	$P_{25} = 0$	$P_{37} = 0$	$P_{57} = 0$
$Z_{15} = 1$	$Z_{26} = 1$	$Z_{38} = 1$	$Z_{58} = 0$	$P_{15} = 1$	$P_{26} = 0$	$P_{38} = 0$	$P_{58} = 0$
$Z_{16} = 1$	$Z_{27} = 1$	$Z_{45} = 1$	$Z_{67} = 1$	$P_{16} = 0$	$P_{27} = 0$	$P_{45} = 0$	$P_{67} = 1$

**Tabel 11 Inputan Parameter Zij dan Pij (Lanjutan)**

Parameter Zij				Parameter Pij			
Z17 = 1	Z28 = 1	Z46 = 0	Z68 = 1	P17 = 1	P28 = 0	P46 = 0	P68 = 1
Z18 = 1	Z34 = 1	Z47 = 1	Z78 = 0	P18 = 1	P34 = 0	P47 = 0	P78 = 0

Tabel 11 merupakan inputan parameter pada *software LINGO 17* yang digunakan untuk menggambarkan kondisi eksisting dari *layout* permesinan PT. XYZ. Kedua parameter tersebut menentukan posisi dari fasilitas permesinan yang disesuaikan dengan kondisi eksisting. Berikut merupakan hasil *running* yang diperoleh.

Global optimal solution found.	
Objective value:	1379175.
Infeasibilities:	0.000000
Total solver iterations:	7
Elapsed runtime seconds:	0.05
Model Class:	LP
Total variables:	128
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	0
Total constraints:	171
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	494
Nonlinear nonzeros:	0

**Gambar 13 Hasil Running Model Eksisting**

Hasil *running* menggunakan *LINGO 17* pada gambar 13 didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 1379175. Nilai fungsi tujuan menunjukkan total jarak pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan yang tata letaknya disesuaikan dengan kondisi eksisting lantai produksi PT. XYZ. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan hasil *relayout* yang dilakukan pada sub bab berikutnya. Alternatif *layout* terbaik ditentukan dari nilai fungsi tujuan yang paling minimum.

#### 4.5.2 Alternatif layout 1

Alternatif *layout* 1 dilakukan dengan mempertimbangkan pergerakan aliran bahan baku secara horizontal dan vertikal. Berikut merupakan hasil *running* model yang optimal untuk menghasilkan alternatif *layout* 1.

Global optimal solution found.	
Objective value:	470640.0
Objective bound:	470640.0
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	516
Total solver iterations:	278969
Elapsed runtime seconds:	13.68
Model Class: MILP	
Total variables:	184
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	56
Total constraints:	187
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	624
Nonlinear nonzeros:	0

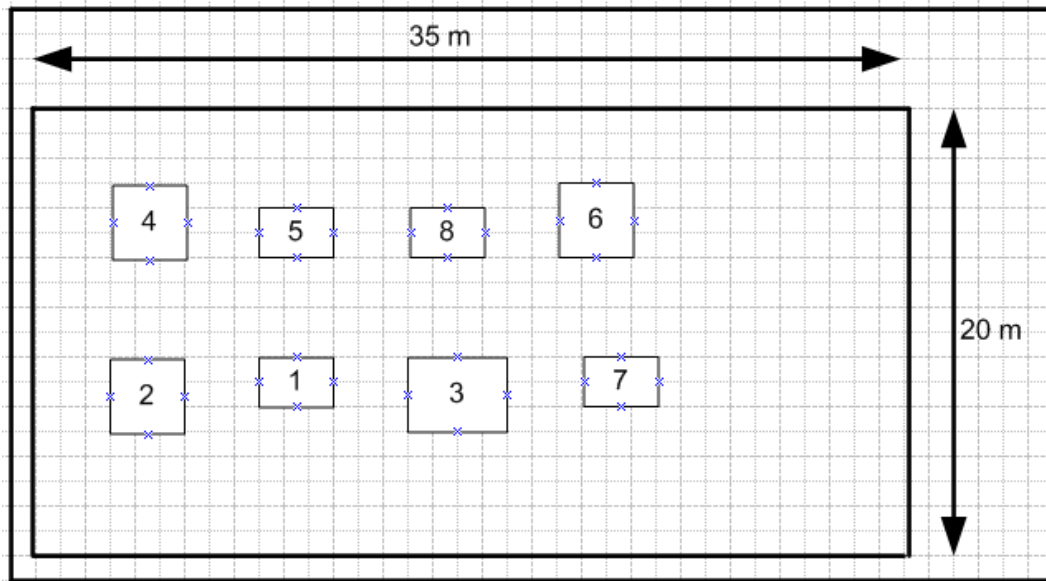
**Gambar 14 Hasil Running Model 1**

Hasil *running* menggunakan *LINGO 17* pada gambar 14 didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 470640. Fungsi tujuan dari model adalah meminimumkan pergerakan bahan baku antara permesinan sehingga nilai tersebut merupakan nilai yang optimal dari pergerakan bahan baku antara permesinan. Selain nilai fungsi tujuan, diperoleh tata letak permesinan yang optimal dari hasil *running* yang dilakukan berikut merupakan hasilnya.

**Tabel 11 Nilai Variabel Zij dan Pij Alternatif Layout 1**

Parameter Zij				Parameter Pij			
Z12 = 0	Z23 = 1	Z35 = 0	Z48 = 1	P12 = 0	P23 = 0	P35 = 1	P48 = 0
Z13 = 1	Z24 = 0	Z36 = 1	Z56 = 1	P13 = 0	P24 = 1	P36 = 1	P56 = 0
Z14 = 0	Z25 = 1	Z37 = 1	Z57 = 1	P14 = 1	P25 = 1	P37 = 0	P57 = 0
Z15 = 0	Z26 = 1	Z38 = 0	Z58 = 1	P15 = 1	P26 = 1	P38 = 1	P58 = 0
Z16 = 1	Z27 = 1	Z45 = 1	Z67 = 1	P16 = 1	P27 = 0	P45 = 0	P67 = 0
Z17 = 1	Z28 = 1	Z46 = 1	Z68 = 0	P17 = 0	P28 = 1	P46 = 0	P68 = 0
Z18 = 1	Z34 = 0	Z47 = 1	Z78 = 0	P18 = 1	P34 = 1	P47 = 0	P78 = 1

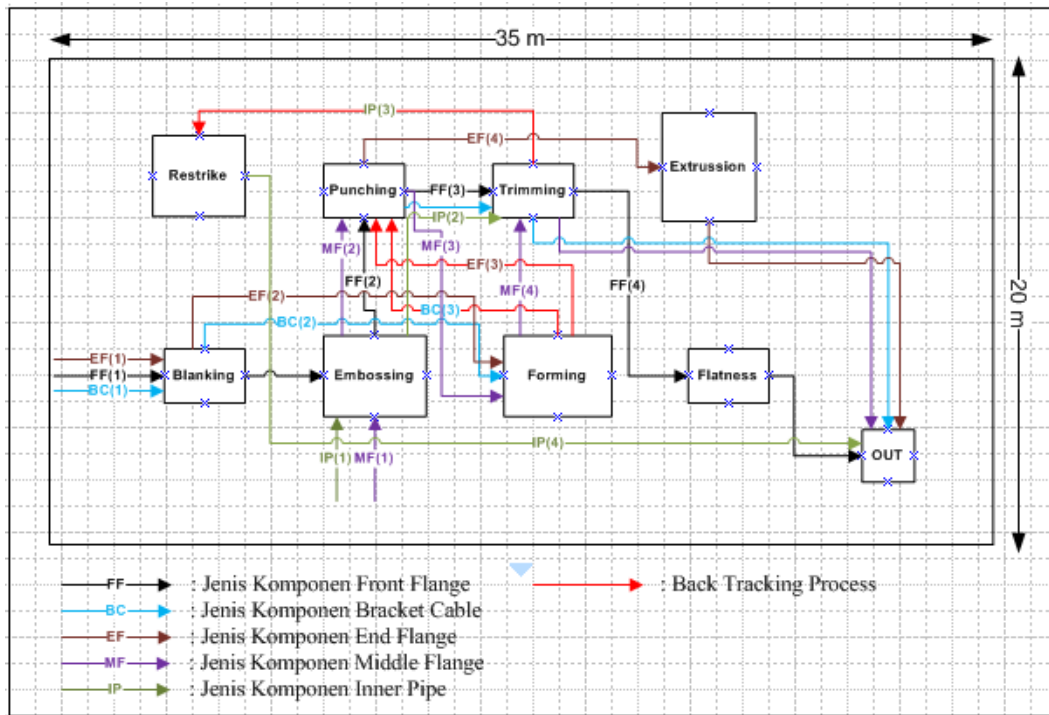
Tabel 11 menunjukkan nilai variabel  $Z_{ij}$  dan  $P_{ij}$  yang menentukan posisi permesinan pada lantai produksi PT. XYZ. Variabel  $Z_{ij}$  menunjukkan apakah fasilitas  $i$  berada disebelah kiri fasilitas  $j$  sedangkan variabel  $P_{ij}$  menunjukkan apakah fasilitas  $i$  berada dibawah fasilitas  $j$ . Kedua variabel tersebut akan di gambarkan pada diagram berikut.



**Gambar 15 Perbaikan *Layout* 1**

Gambar 15 menunjukkan hasil perbaikan *layout* terhadap fasilitas lantai produksi PT. XYZ. Gambar tersebut menunjukkan hasil yang optimal terhadap tata letak fasilitas dengan mempertimbangkan total pergerakan bahan baku selama satu tahun pada tahun 2015. Perbaikan yang telah dilakukan akan menjadi pertimbangan PT. XYZ untuk melakukan *relayout* terhadap fasilitas lantai produksi. Setelah didapatkan tata letak fasilitas permesinan yang baru langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi terkait aliran bahan baku dari perbaikan *layout* 1. Berikut merupakan diagram alir yang menunjukkan pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan.





**Gambar 16 Diagram Alir Bahan Baku Perbaikan *Layout 1***

Berdasarkan gambar 16 didapatkan aliran bahan baku yang optimal dengan nilai fungsi tujuan sebesar 470640. Pada diagram tersebut menunjukkan keseluruhan aliran bahan baku dari lima komponen hasil produksi PT. XYZ. Aliran bahan baku yang diperoleh dari hasil *running* berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan dari alternatif *layout 1* adalah sebesar 3 yang ditunjukkan oleh panah berwarna merah. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif *layout 2* untuk menentukan *layout* yang paling optimal.

#### 4.5.3 Alternatif *layout 2*

Alternatif *layout 2* dilakukan dengan mempertimbangkan pergerakan aliran bahan baku secara horizontal selama satu tahun. Berikut merupakan hasil *running* model yang optimal untuk menghasilkan alternatif *layout 2*.

Global optimal solution found.	
Objective value:	744810.0
Objective bound:	744810.0
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	1036
Total solver iterations:	8291
Elapsed runtime seconds:	0.31
Model Class: MILP	
Total variables:	92
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	28
Total constraints:	84
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	296
Nonlinear nonzeros:	0

**Gambar 17 Hasil Running Model 2**

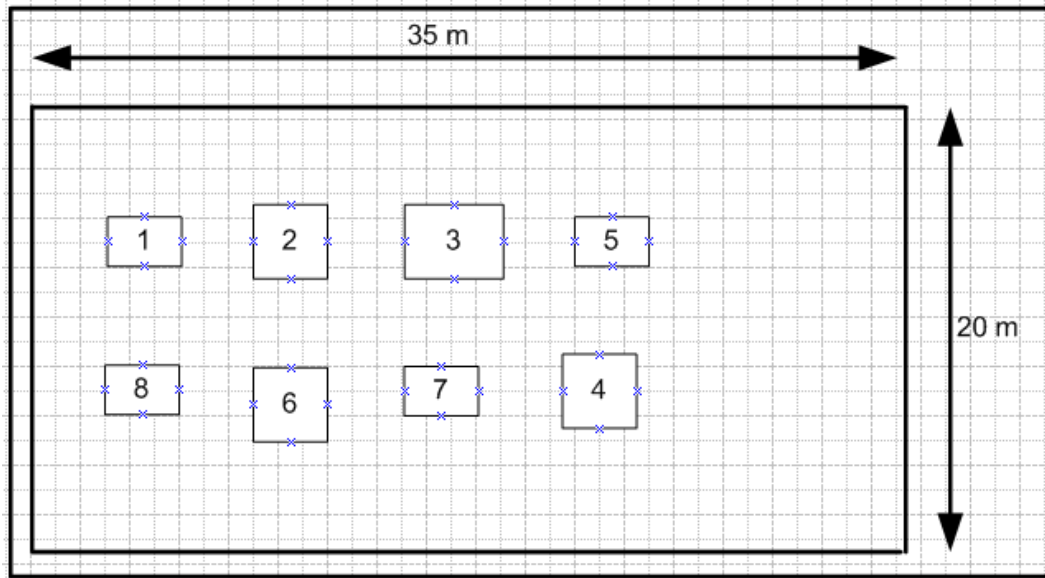
Hasil *running* menggunakan *LINGO 17* pada gambar 17 didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 744810. Fungsi tujuan dari model adalah meminimumkan pergerakan bahan baku antara permesinan sehingga nilai tersebut merupakan nilai yang optimal dari pergerakan bahan baku antara permesinan. Selain nilai fungsi tujuan, diperoleh tata letak permesinan yang optimal dari hasil *running* yang dilakukan berikut merupakan hasilnya.

**Tabel 12 Nilai Variabel Zij dan Pij**

Parameter Zij				Parameter Pij			
Z12 = 1	Z23 = 0	Z35 = 1	Z48 = 0	P12 = 0	P23 = 0	P35 = 0	P48 = 0
Z13 = 1	Z24 = 0	Z36 = 0	Z56 = 0	P13 = 0	P24 = 0	P36 = 0	P56 = 0
Z14 = 1	Z25 = 0	Z37 = 0	Z57 = 0	P14 = 0	P25 = 0	P37 = 0	P57 = 0
Z15 = 1	Z26 = 0	Z38 = 0	Z58 = 0	P15 = 0	P26 = 0	P38 = 0	P58 = 0
Z16 = 1	Z27 = 0	Z45 = 1	Z67 = 0	P16 = 0	P27 = 0	P45 = 1	P67 = 1
Z17 = 1	Z28 = 0	Z46 = 0	Z68 = 0	P17 = 0	P28 = 0	P46 = 0	P68 = 0
Z18 = 0	Z34 = 0	Z47 = 0	Z78 = 0	P18 = 0	P34 = 0	P47 = 1	P78 = 0

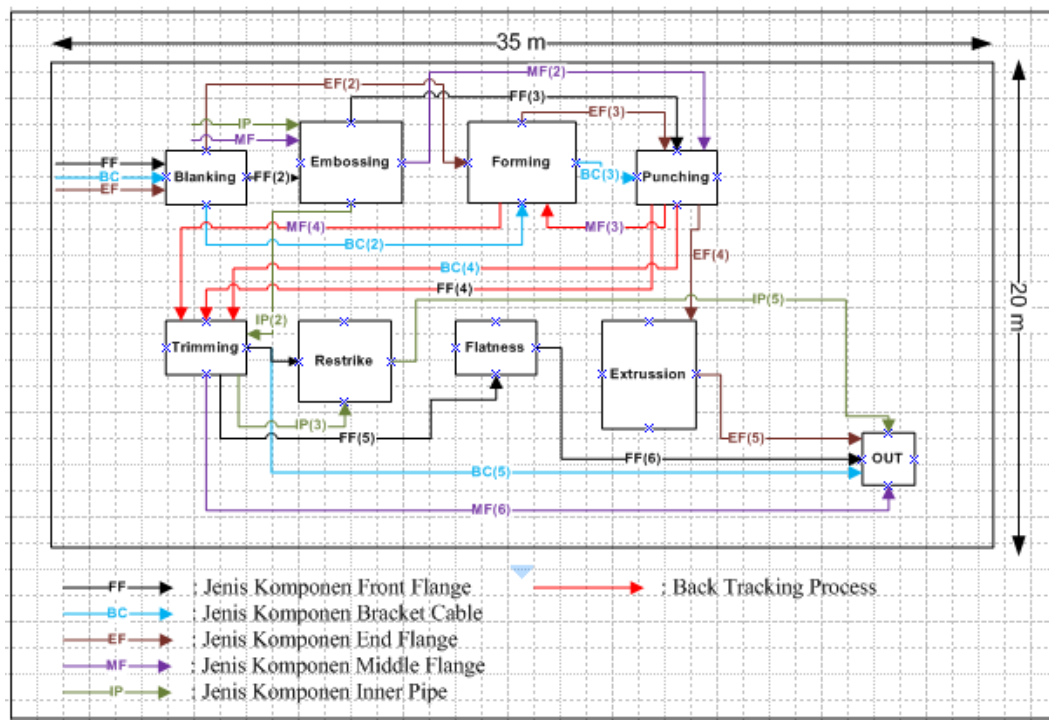
Tabel 12 menunjukkan nilai variabel Zij dan Pij yang menentukan posisi permesinan pada lantai produksi PT. XYZ. Variabel Zij menunjukkan apakah fasilitas i berada disebelah kiri fasilitas j sedangkan variabel Pij menunjukkan

apakah fasilitas i berada dibawah fasilitas j. Kedua variabel tersebut akan di gambarkan pada diagram berikut.



**Gambar 18 Perbaikan *Layout* 2**

Gambar 18 menunjukkan hasil perbaikan *layout* terhadap fasilitas lantai produksi PT. XYZ. Gambar tersebut menunjukkan hasil yang optimal terhadap tata letak fasilitas dengan mempertimbangkan total pergerakan bahan baku selama satu tahun pada tahun 2015. Perbaikan yang telah dilakukan akan menjadi pertimbangan PT. XYZ untuk melakukan *relayout* terhadap fasilitas lantai produksi. Setelah didapatkan tata letak fasilitas permesinan yang baru langkah selanjutnya adalah melakukan evaluasi terkait aliran bahan baku dari perbaikan *layout* 2. Berikut merupakan digram alir yang menunjukkan pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan.



**Gambar 19 Diagram Alir Bahan Baku Perbaikan Layout 2**

Berdasarkan gambar 19 didapatkan aliran bahan baku yang optimal dengan nilai fungsi tujuan sebesar 744810. Pada diagram tersebut menunjukkan keseluruhan aliran bahan baku dari lima komponen hasil produksi PT. XYZ. Aliran bahan baku yang diperoleh dari hasil *running* berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan dari alternatif *layout 2* adalah sebesar 4 yang ditunjukkan oleh panah berwarna merah. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif *layout 2* untuk menentukan *layout* yang paling optimal.

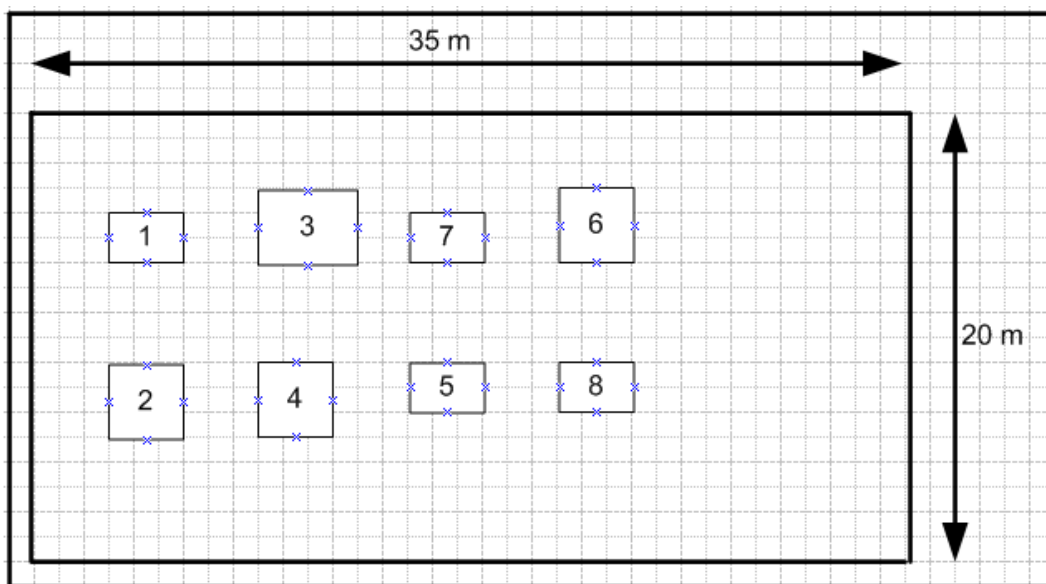
#### 4.6 Implementasi Perbaikan Layout Pada Lantai Produksi PT. XYZ

Pada subbab ini akan dibahas terkait implementasi hasil perbaikan *layout* terhadap kondisi lantai produksi PT. XYZ. Terdapat beberapa kondisi dimana letak permesinan harus disesuaikan dengan keadaan lantai produksi PT. XYZ. Mesin *trimming*, mesin *punching* dan mesin *embossing* membutuhkan perlakuan khusus dalam memposisikan permesinan pada lantai produksi PT. XYZ. Berikut merupakan tabel yang menunjukkan mesin – mesin yang memerlukan perlakuan khusus pada *layout* lantai produksi PT. XYZ.

**Tabel 13 Perlakuan Khusus Permesinan**

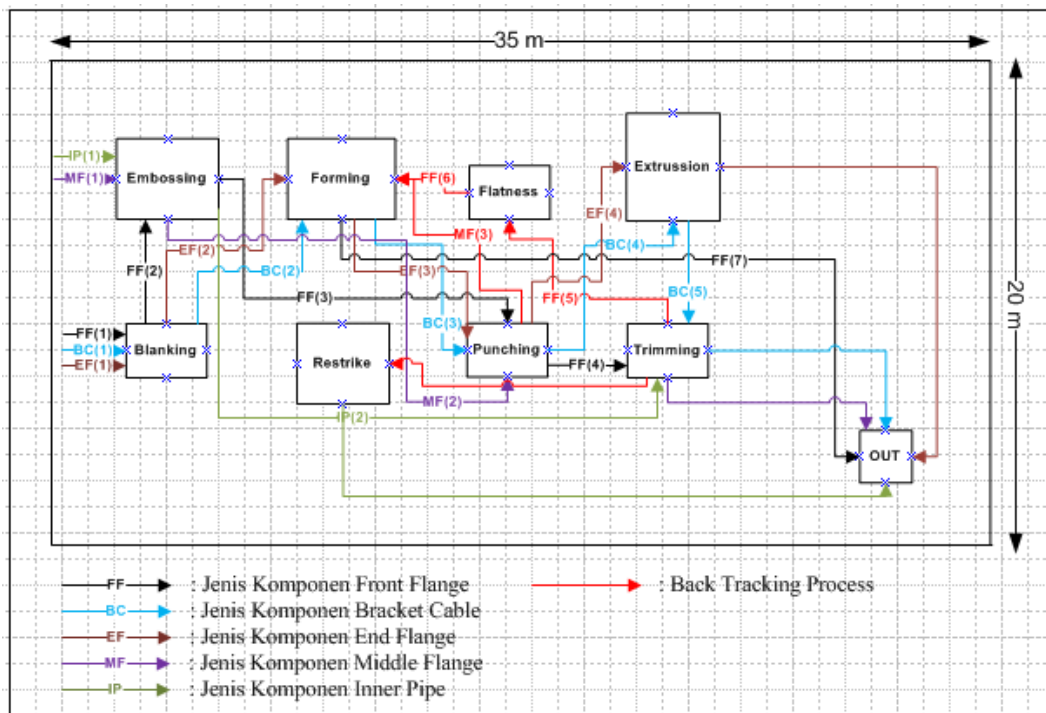
	<b>Jenis Perlakuan</b>
<b>Mesin <i>Trimming</i></b>	Perlu diletakkan pada baris kedua <i>layout</i>
<b>Mesin <i>Punching</i></b>	Perlu diletakkan berjauhan dari mesin <i>restrike</i> dan mesin <i>embossing</i>
<b>Mesin <i>Embossing</i></b>	Perlu diletakkan berdekatan dengan bahan baku

Tabel 13 menunjukkan bahwa mesin *trimming* perlu diposisikan pada baris kedua *layout* permesinan PT. XYZ. Hal ini dikarenakan terdapat saluran pembuangan *waste* pada baris kedua *layout* permesinan PT. XYZ. Pada mesin *punching* karena menghasilkan getaran pada proses permesinan, mesin tersebut perlu diposisikan berjauhan dari mesin *restrike* dan mesin *embossing*. Mesin *embossing* perlu diposisikan berdekatan dengan bahan baku dikarenakan mesin tersebut digunakan pada awal proses permesinan setiap komponen. Berikut merupakan diagram *layout* perbaikan yang baru dengan mempertimbangkan jenis perlakuan untuk ketiga mesin tersebut.



**Gambar 20 Perbaikan Alternatif *Layout* 1**

Gambar 20 menunjukkan hasil perbaikan *layout* terhadap fasilitas lantai produksi PT. XYZ dengan mempertimbangkan perlakuan khusus dari posisi permesinan yang digunakan. Perlakuan khusus dilakukan terhadap tiga mesin yaitu mesin *trimming*, mesin *punching* dan mesin *embossing*. Berikut ditampilkan diagram aliran bahan baku dari perbaikan *layout* yang dilakukan.



**Gambar 21 Diagram Alir Bahan Baku Perbaikan *Layout 1***

Gambar 21 menunjukkan keseluruhan aliran bahan baku dari lima komponen hasil produksi PT. XYZ. Aliran bahan baku yang diperoleh dari hasil perbaikan yang dilakukan berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan adalah sebesar 4 yang ditunjukkan oleh panah berwarna merah. Hasil tersebut akan menjadi pertimbangan untuk melakukan *relayout* pada lantai produksi PT. XYZ.

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA**

#### **5.1 Analisis Kondisi Eksisting *Layout***

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kondisi eksisting *layout* lantai produksi PT. XYZ, terdapat beberapa pergerakan bahan baku yang kurang optimal. Pergerakan bahan baku yang kurang optimal atau yang lebih sering disebut dengan *back tracking process* terjadi pada kelima jenis komponen yang telah dievaluasi. Terdapat sembilan kali pergerakan *backtracking* pada kondisi eksisting *layout* PT. XYZ.

Pada jenis komponen *front flange*, *back tracking process* terjadi pada aliran bahan baku keenam, ketujuh dan kedelapan. Komponen jenis *end flange back tracking process* terjadi pada aliran bahan baku keempat dan kelima, komponen jenis *bracket cable back tracking process* terjadi pada aliran bahan baku keempat, komponen jenis *middle flange back tracking process* terjadi pada aliran proses ketiga dan pada komponen jenis *inner pipe back tracking process* terjadi pada aliran bahan baku ketiga dan keempat. *Back tracking* yang terjadi akan mengakibatkan kurang lancarnya proses produksi dan dapat menyebabkan terjadinya keterlambatan penyelesaian pekerjaan.

Evaluasi juga dilakukan dengan memodelkan kondisi eksisting *layout* PT. XYZ dengan menggunakan *software LINGO 17*. Hasil *running* didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 1379175. Nilai fungsi tujuan menunjukkan total jarak pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan yang tata letaknya disesuaikan dengan kondisi eksisting lantai produksi PT. XYZ. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan hasil *relayout* yang dilakukan

#### **5.2 Analisis Perbaikan Alternatif *Layout* 1**

Alternatif *layout* 1 merupakan perbaikan *layout* yang dilakukan berdasarkan pergerakan bahan baku dengan mempertimbangkan pergerakan secara horizontal dan secara vertikal. Fungsi tujuan dari model yang telah dirancang adalah meminimumkan jarak pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan. Hasil

*running* model yang dilakukan menggunakan *software LINGO 17* diperoleh nilai fungsi objektif sebesar 470640. Nilai tersebut menunjukkan total jarak perpindahan aliran bahan baku pada antara fasilitas permesinan dan akan dibandingkan dengan alternatif *layout* yang lainnya untuk menentukan *layout* perbaikan terbaik.

Aliran bahan baku yang diperoleh dari hasil *running* berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan dari alternatif *layout* 1 adalah sebesar 3. *Backtracking process* terjadi pada aliran bahan baku jenis komponen *inner pipe*, *end flange* dan *bracket cable*. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif *layout* 2 untuk menentukan *layout* yang paling optimal.

### **5.3 Analisis Perbaikan Alternatif Layout 2**

Alternatif *layout* 1 merupakan perbaikan *layout* yang dilakukan berdasarkan pergerakan bahan baku dengan mempertimbangkan pergerakan secara horizontal. Fungsi tujuan dari model yang telah dirancang adalah meminimumkan jarak pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan. Hasil *running* model yang dilakukan menggunakan *software LINGO 17* diperoleh nilai fungsi objektif sebesar 744810. Nilai tersebut menunjukkan total jarak perpindahan aliran bahan baku pada antara fasilitas permesinan dan akan dibandingkan dengan alternatif *layout* yang lainnya untuk menentukan *layout* perbaikan terbaik.

Aliran bahan baku yang diperoleh dari hasil *running* berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan dari alternatif *layout* 2 adalah sebesar 3. *Backtracking process* terjadi pada aliran bahan baku jenis komponen *middle flange*, *bracket cable* dan *front flange*. Hasil tersebut akan dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif *layout* 1 untuk menentukan *layout* yang paling optimal.

### **5.4 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Alternatif Layout 1 dan 2**

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap kondisi eksisting *layout* rantai produksi PT. XYZ, terdapat beberapa pergerakan bahan baku yang kurang optimal. Pergerakan bahan baku yang kurang optimal atau yang lebih sering disebut dengan *back tracking process* terjadi pada kelima jenis komponen yang telah dievaluasi.



Terdapat sembilan kali pergerakan *backtracking* pada kondisi eksisting *layout* PT. XYZ. Evaluasi yang dilakukan dengan memodelkan kondisi eksisting didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 1379175.

Hasil *running* model yang dilakukan pada alternatif *layout* 1 didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 470640. Aliran bahan baku yang diperoleh dari hasil *running* berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan dari alternatif *layout* 1 adalah sebesar 3 kali *backtracking process*. Sedangkan pada alternatif *layout* 2 hasil *running* model yang dilakukan menggunakan *software LINGO 17* diperoleh nilai fungsi objektif sebesar 744810. Total *backtracking process* yang dihasilkan dari alternatif *layout* 2 adalah sebesar 3 kali *backtracking process*.

*Layout* terbaik ditentukan dengan melihat nilai fungsi tujuan yang paling minimum dan menghasilkan aliran *backtracking* terkecil. Alternatif *layout* 1 merupakan alternatif terbaik dikarenakan menghasilkan nilai fungsi tujuan paling minimum jika dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif *layout* 2. Dari aliran bahan baku berhasil mengurangi *backtracking process* sebesar tiga kali jika dibandingkan dengan kondisi eksisting yang menghasilkan *backtracking process* sebesar sembilan kali. Alternatif *layout* 1 perlu dipertimbangkan oleh PT. XYZ jika nantinya akan dilakukan *relayout* terhadap kondisi eksisting kantai produksi.

### **5.5 Analisis Implementasi Perbaikan *Layout* 1 Pada Lantai Produksi PT. XYZ**

Alternatif *layout* 1 merupakan alternatif terbaik dikarenakan menghasilkan nilai fungsi tujuan paling minimum dan menghasilkan aliran *backtracking* paling sedikit dibandingkan dengan kondisi eksisting dan alternatif *layout* 2. Apabila alternatif *layout* 1 diimplementasikan ke kondisi eksisting lantai produksi PT. XYZ akan terjadi beberapa kendala. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa fasilitas permesinan yang membutuhkan perlakuan khusus dalam memposisikan pada lantai produksi PT. XYZ. Terdapat tiga fasilitas permesinan yang memerlukan perlakuan khusus yaitu mesin *trimming*, mesin *punching* dan mesin *embossing*.

Berdasarkan hasil pengolahan data, mesin *trimming* perlu diposisikan pada baris kedua lantai produksi permesinan PT. XYZ dikarenakan terdapat saluran pembuangan *waste* pada barisan permesinan tersebut. Pada mesin *punching* karena

menghasilkan getaran pada proses permesinan, mesin tersebut perlu diposisikan berjauhan dari mesin *restrike* dan mesin *embossing*. Mesin *embossing* perlu diposisikan berdekatan dengan bahan baku dikarenakan mesin tersebut digunakan pada awal proses permesinan setiap komponen. Analisis terkait aliran bahan baku yang dilakukan berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan adalah sebanyak 4. Hasil tersebut akan menjadi pertimbangan untuk melakukan *relayout* pada rantai produksi PT. XYZ.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN PENELITIAN

#### 6.1 Kesimpulan Penelitian

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Evaluasi yang dilakukan oleh peneliti terhadap *layout* eksisting menunjukkan bahwa terdapat beberapa aliran bahan baku yang menghasilkan pergerakan *backtracking process*. Terdapat sembilan pergerakan *backtracking process* yang dihasilkan dari keseluruhan proses produksi PT. XYZ. *Backtracking process* yang dihasilkan menunjukkan bahwa perlu dilakukan perbaikan terhadap *layout* eksisting lantai produksi PT. XYZ. Evaluasi juga dilakukan dengan memodelkan kondisi eksisting *layout* PT. XYZ dengan menggunakan *software LINGO 17*. Hasil *running* didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 1379175. Nilai fungsi tujuan menunjukkan total jarak pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan yang tata letaknya disesuaikan dengan kondisi eksisting lantai produksi PT. XYZ.
2. Fungsi tujuan dari model yang telah dirancang adalah meminimumkan jarak pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan. Hasil *running* model pada alternatif 1 yang dilakukan menggunakan *software LINGO 17*, diperoleh nilai fungsi tujuan sebesar 470640. Aliran bahan baku yang diperoleh dari hasil *running* berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan dari alternatif *layout* 1 adalah sebesar 3. *Backtracking process* terjadi pada aliran bahan baku jenis komponen *inner pipe*, *end flange* dan *bracket cable*. Pada alternatif *Layout* 2 diperoleh nilai fungsi tujuan sebesar 744810. Aliran bahan baku yang diperoleh dari hasil *running* berhasil mengurangi *backtracking process* dari proses produksi. Total *backtracking process* yang dihasilkan dari alternatif *layout* 2 adalah sebesar 3. *Backtracking process* terjadi pada aliran bahan baku jenis komponen *middle flange*, *bracket cable* dan *front flange*.

3. Hasil *running* model yang dilakukan pada alternatif *layout* 1 didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 470640. Pada alternatif *layout* 2 hasil *running* model didapatkan nilai fungsi tujuan sebesar 744810. Fungsi tujuan dari model yang telah dirancang adalah meminimumkan jarak pergerakan bahan baku antara fasilitas permesinan sehingga alternatif *Layout* 1 merupakan alternatif *layout* yang terbaik karena menghasilkan nilai fungsi tujuan yang lebih optimal.

## 6.2 Saran Penelitian

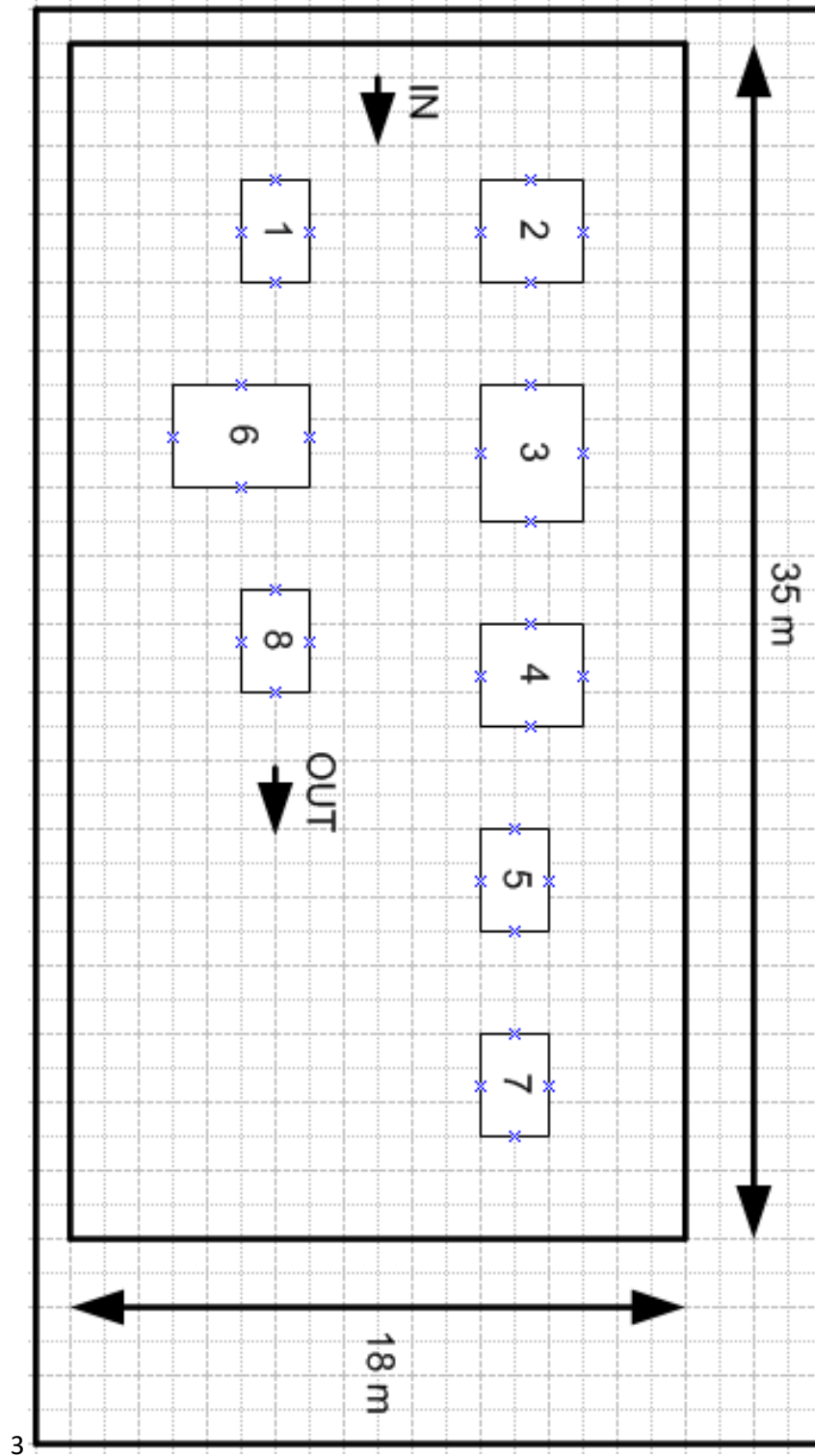
Hasil optimasi menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan berhasil mengurangi jarak perpindahan bahan baku yang pada kondisi eksisting didapatkan total jarak perpindahan sebesar 1379175 dan pada hasil perbaikan didapatkan total jarak perpindahan sebesar 470640. Hasil perbaikan juga berhasil mengurangi aliran proses *back tracking*, dimana pada kondisi eksisting terdapat sembilan aliran *back tracking* dan pada hasil perbaikan terdapat tiga aliran *back tracking*. Perbaikan yang dilakukan peneliti menunjukkan hasil yang lebih efektif dan efisien jika dibandingkan dengan kondisi eksisting *layout* PT. XYZ. Hasil perbaikan bisa menjadi masukan dan pertimbangan PT. XYZ untuk melakukan proses *relayout* terhadap rantai produksi perusahaan.

## Daftar Pustaka

- Abdillah, A.N. (2015). *Perancangan Tata Letak Fasilitas Pabrik Menggunakan Metode Algoritma Corelap Di PT. Refi Chemical Industry*
- Anjos, M.F. (2017). *Mathematical Optimization Approaches For Facility Layout Problems*. Journal of Operational Research, Vol.261, hlm.1-16
- Apple, James M. (1990). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan*, Edisi Ketiga, Bandung: ITB.
- Azevedo, M.M. (2017). *A Dynamic Multi-Objective Approach For The Reconfigurable Multi-Facility Layout Problem*. Journal of Manufacturing System, Vol.42, hlm.140-152
- Heragu, S. (1997). *Facilities Design*. Boston: PWS Publishing Company.
- Islier, A.A. (2015). *Dynamic Facility Layout Problem in Footwear Industry*. Journal of Manufacturing System, Vol.36, hlm.55-61
- Lubis, D. (2004). *Optimasi Layout Fasilitas Produksi Dengan Metode Quadratic Programming*
- Zha, S. (2017). *Robust Facility Layout Design under Uncertain Product Demands*. Journal Procedia CIRP, Vol.63, hlm.354-359
- Wignjosoebroto, Sritomo. (2003). *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*, Edisi Pertama, Cetakan Pertama, Penerbit Guna Widya, Surabaya.
- Wignjosoebroto, Sritomo. (2009). *Tata Letak Pabrik Dan Pemindahan Bahan*, Edisi Keempat, Penerbit Guna Widya, Surabaya.

## LAMPIRAN 1

### Layout Fasilitas Permesinan PT. XYZ



## LAMPIRAN 2

### Data Jenis dan Dimensi Permesinan

No.	Jenis Mesin	Dimensi (m)
1	Blanking	3x2
2	Embossing	3x3
3	Forming	4x3
4	Extrusion	3x3
5	Punching	3x2
6	Restrike	3x4
7	Flatness	3x2
8	Trimming	3x2

### Data Jarak mesin produksi dari satu mesin ke mesin lainnya

Jarak Mesin	1	2	3	4	5	6	7	8
1		5	11	18	24	11	30	17
2	5		11	18	24	11	30	17
3	11	11		12	18	5	23	10
4	18	18	12		11	12	17	6
5	24	24	18	11		18	11	12
6	11	11	5	12	18		24	11
7	30	30	23	17	11	24		18
8	17	17	10	6	12	11	18	

## LAMPIRAN 3

### Formulasi *LINGO* Alternatif *Layout 1*

min 3330XP12 + 3330YP12 + 12210XP13 + 12210YP13 + 3330XN12 +  
3330YN12 + 12210XN13 + 12210YN13 + 12210XN14 + 12210YN14 +  
12210XN24 + 12210YN24 + 244440XP28 + 4440YP28 + 2220XP38 +  
2220YP38 + 4440XP68 + 4440YP68 + 2220XN38 + 2220YN38 + 4440XN68 +  
4440YN68 + 5550XP25 + 5550YP25 + 17760XP35 + 17760YP35 + 3330XP58  
+ 3330YP58 + 5550XN25 + 5550YN25 + 17760XN35 + 17760YN35 +  
3330XN58 + 3330YN58 + 3330XP57 + 3330YP57 + 3330XP78 + 3330YP78 +  
3330XN57 + 3330YN57 + 3330XN78 + 3330YN78

Subject to

X1 - X2 + 35 Z12 >= 3  
X1 - X2 + 35 Z12 <= 32  
X1 - X3 + 35 Z13 >= 3.5  
X1 - X3 + 35 Z13 <= 31.5  
X2 - X3 + 35 Z23 >= 3.5  
X2 - X3 + 35 Z23 <= 31.5  
X1 - X4 + 35 Z14 >= 3  
X1 - X4 + 35 Z14 <= 32  
X2 - X4 + 35 Z24 >= 3  
X2 - X4 + 35 Z24 <= 32  
X3 - X4 + 35 Z34 >= 3.5  
X3 - X4 + 35 Z34 <= 31.5  
X1 - X6 + 35 Z16 >= 3  
X1 - X6 + 35 Z16 <= 32  
X2 - X6 + 35 Z26 >= 3  
X2 - X6 + 35 Z26 <= 32  
X3 - X6 + 35 Z36 >= 3.5  
X3 - X6 + 35 Z36 <= 31.5  
X4 - X6 + 35 Z46 >= 3  
X4 - X6 + 35 Z46 <= 32  
X1 - X8 + 35 Z18 >= 3  
X1 - X8 + 35 Z18 <= 32  
X2 - X8 + 35 Z28 >= 3  
X2 - X8 + 35 Z28 <= 32  
X3 - X8 + 35 Z38 >= 3.5  
X3 - X8 + 35 Z38 <= 31.5  
X4 - X8 + 35 Z48 >= 3  
X4 - X8 + 35 Z48 <= 32  
X6 - X8 + 35 Z68 >= 3  
X6 - X8 + 35 Z68 <= 32  
X1 - X5 + 35 Z15 >= 3  
X1 - X5 + 35 Z15 <= 32  
X2 - X5 + 35 Z25 >= 3  
X2 - X5 + 35 Z25 <= 32  
X3 - X5 + 35 Z35 >= 3.5  
X3 - X5 + 35 Z35 <= 31.5  
X4 - X5 + 35 Z45 >= 3  
X4 - X5 + 35 Z45 <= 32  
X5 - X6 + 35 Z56 >= 3  
X5 - X6 + 35 Z56 <= 32  
X5 - X8 + 35 Z58 >= 3



$X5 - X8 + 35 \ Z58 \leq 32$   
 $X1 - X7 + 35 \ Z17 \geq 3$   
 $X1 - X7 + 35 \ Z17 \leq 32$   
 $X2 - X7 + 35 \ Z27 \geq 3$   
 $X2 - X7 + 35 \ Z27 \leq 32$   
 $X3 - X7 + 35 \ Z37 \geq 3.5$   
 $X3 - X7 + 35 \ Z37 \leq 31.5$   
 $X4 - X7 + 35 \ Z47 \geq 3$   
 $X4 - X7 + 35 \ Z47 \leq 32$   
 $X5 - X7 + 35 \ Z57 \geq 3$   
 $X5 - X7 + 35 \ Z57 \leq 32$   
 $X6 - X7 + 35 \ Z67 \geq 3$   
 $X6 - X7 + 35 \ Z67 \leq 32$   
 $X7 - X8 + 35 \ Z78 \geq 3$   
 $X7 - X8 + 35 \ Z78 \leq 32$

$Y1 - Y2 + 20 \ P12 \geq 2.5$   
 $Y1 - Y2 + 20 \ P12 \leq 17.5$   
 $Y1 - Y3 + 20 \ P13 \geq 2.5$   
 $Y1 - Y3 + 20 \ P13 \leq 17.5$   
 $Y2 - Y3 + 20 \ P23 \geq 3$   
 $Y2 - Y3 + 20 \ P23 \leq 17$   
 $Y1 - Y4 + 20 \ P14 \geq 2.5$   
 $Y1 - Y4 + 20 \ P14 \leq 17.5$   
 $Y2 - Y4 + 20 \ P24 \geq 3$   
 $Y2 - Y4 + 20 \ P24 \leq 17$   
 $Y3 - Y4 + 20 \ P34 \geq 3$   
 $Y3 - Y4 + 20 \ P34 \leq 17$   
 $Y1 - Y6 + 20 \ P16 \geq 2.5$   
 $Y1 - Y6 + 20 \ P16 \leq 17.5$   
 $Y2 - Y6 + 20 \ P26 \geq 3$   
 $Y2 - Y6 + 20 \ P26 \leq 17$   
 $Y3 - Y6 + 20 \ P36 \geq 3$   
 $Y3 - Y6 + 20 \ P36 \leq 17$   
 $Y4 - Y6 + 20 \ P46 \geq 3$   
 $Y4 - Y6 + 20 \ P46 \leq 17$   
 $Y1 - Y8 + 20 \ P18 \geq 2$   
 $Y1 - Y8 + 20 \ P18 \leq 18$   
 $Y2 - Y8 + 20 \ P28 \geq 2.5$   
 $Y2 - Y8 + 20 \ P28 \leq 17.5$   
 $Y3 - Y8 + 20 \ P38 \geq 2.5$   
 $Y3 - Y8 + 20 \ P38 \leq 17.5$   
 $Y4 - Y8 + 20 \ P48 \geq 2.5$   
 $Y4 - Y8 + 20 \ P48 \leq 17.5$   
 $Y6 - Y8 + 20 \ P68 \geq 2.5$   
 $Y6 - Y8 + 20 \ P68 \leq 17.5$   
 $Y1 - Y5 + 20 \ P15 \geq 2$   
 $Y1 - Y5 + 20 \ P15 \leq 18$   
 $Y2 - Y5 + 20 \ P25 \geq 2.5$   
 $Y2 - Y5 + 20 \ P25 \leq 17.5$   
 $Y3 - Y5 + 20 \ P35 \geq 2.5$   
 $Y3 - Y5 + 20 \ P35 \leq 17.5$   
 $Y4 - Y5 + 20 \ P45 \geq 2.5$   
 $Y4 - Y5 + 20 \ P45 \leq 17.5$   
 $Y5 - Y6 + 20 \ P56 \geq 2.5$   
 $Y5 - Y6 + 20 \ P56 \leq 17.5$   
 $Y5 - Y8 + 20 \ P58 \geq 2$   
 $Y5 - Y8 + 20 \ P58 \leq 18$

$$\begin{aligned}
Y1 - Y7 + 20 P17 &\geq 2 \\
Y1 - Y7 + 20 P17 &\leq 18 \\
Y2 - Y7 + 20 P27 &\geq 2.5 \\
Y2 - Y7 + 20 P27 &\leq 17.5 \\
Y3 - Y7 + 20 P37 &\geq 2.5 \\
Y3 - Y7 + 20 P37 &\leq 17.5 \\
Y4 - Y7 + 20 P47 &\geq 2.5 \\
Y4 - Y7 + 20 P47 &\leq 17.5 \\
Y5 - Y7 + 20 P57 &\geq 2 \\
Y5 - Y7 + 20 P57 &\leq 18 \\
Y5 - Y8 + 20 P58 &\geq 2 \\
Y5 - Y8 + 20 P58 &\leq 18 \\
Y6 - Y7 + 20 P67 &\geq 2.5 \\
Y6 - Y7 + 20 P67 &\leq 17.5 \\
Y7 - Y8 + 20 P78 &\geq 2 \\
Y7 - Y8 + 20 P78 &\leq 18
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
X1 - X2 - XP12 + XN12 &= 0 \\
X1 - X3 - XP13 + XN13 &= 0 \\
X2 - X3 - XP23 + XN23 &= 0 \\
X1 - X4 - XP14 + XN14 &= 0 \\
X2 - X4 - XP24 + XN24 &= 0 \\
X3 - X4 - XP34 + XN34 &= 0 \\
X1 - X6 - XP16 + XN16 &= 0 \\
X2 - X6 - XP26 + XN26 &= 0 \\
X3 - X6 - XP36 + XN36 &= 0 \\
X4 - X6 - XP46 + XN46 &= 0 \\
X1 - X8 - XP18 + XN18 &= 0 \\
X2 - X8 - XP28 + XN28 &= 0 \\
X3 - X8 - XP38 + XN38 &= 0 \\
X4 - X8 - XP48 + XN48 &= 0 \\
X6 - X8 - XP68 + XN68 &= 0 \\
X1 - X5 - XP15 + XN15 &= 0 \\
X2 - X5 - XP25 + XN25 &= 0 \\
X3 - X5 - XP35 + XN35 &= 0 \\
X4 - X5 - XP45 + XN45 &= 0 \\
X5 - X6 - XP56 + XN56 &= 0 \\
X5 - X8 - XP58 + XN58 &= 0 \\
X1 - X7 - XP17 + XN17 &= 0 \\
X2 - X7 - XP27 + XN27 &= 0 \\
X3 - X7 - XP37 + XN37 &= 0 \\
X4 - X7 - XP47 + XN47 &= 0 \\
X5 - X7 - XP57 + XN57 &= 0 \\
X6 - X7 - XP67 + XN67 &= 0 \\
X7 - X8 - XP78 + XN78 &= 0
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Y1 - Y2 - YP12 + YN12 &= 0 \\
Y1 - Y3 - YP13 + YN13 &= 0 \\
Y2 - Y3 - YP23 + YN23 &= 0 \\
Y1 - Y4 - YP14 + YN14 &= 0 \\
Y2 - Y4 - YP24 + YN24 &= 0 \\
Y3 - Y4 - YP34 + YN34 &= 0 \\
Y1 - Y6 - YP16 + YN16 &= 0 \\
Y2 - Y6 - YP26 + YN26 &= 0 \\
Y3 - Y6 - YP36 + YN36 &= 0 \\
Y4 - Y6 - YP46 + YN46 &= 0 \\
Y1 - Y8 - YP18 + YN18 &= 0
\end{aligned}$$

```

Y2 - Y8 - YP28 + YN28 = 0
Y3 - Y8 - YP38 + YN38 = 0
Y4 - Y8 - YP48 + YN48 = 0
Y6 - Y8 - YP68 + YN68 = 0
Y1 - Y5 - YP15 + YN15 = 0
Y2 - Y5 - YP25 + YN25 = 0
Y3 - Y5 - YP35 + YN35 = 0
Y4 - Y5 - YP45 + YN45 = 0
Y5 - Y6 - YP56 + YN56 = 0
Y5 - Y8 - YP58 + YN58 = 0
Y1 - Y7 - YP17 + YN17 = 0
Y2 - Y7 - YP27 + YN27 = 0
Y3 - Y7 - YP37 + YN37 = 0
Y4 - Y7 - YP47 + YN47 = 0
Y5 - Y7 - YP57 + YN57 = 0
Y6 - Y7 - YP67 + YN67 = 0
Y7 - Y8 - YP78 + YN78 = 0

```

```

X1 >= 1.5
X2 >= 1.5
X3 >= 2
X4 >= 1.5
X5 >= 1.5
X6 >= 1.5
X7 >= 1.5
X8 >= 1.5

```

```

Y1 >= 1
Y2 >= 1.5
Y3 >= 1.5
Y4 >= 1.5
Y5 >= 1
Y6 >= 1.5
Y7 >= 1
Y8 >= 1

```

end

```

SUB   Z12   1.00000
INTE  Z12
SUB   Z13   1.00000
INTE  Z13
SUB   Z23   1.00000
INTE  Z23
SUB   Z14   1.00000
INTE  Z14
SUB   Z24   1.00000
INTE  Z24
SUB   Z34   1.00000
INTE  Z34
SUB   Z16   1.00000
INTE  Z16
SUB   Z26   1.00000
INTE  Z26
SUB   Z36   1.00000
INTE  Z36
SUB   Z46   1.00000

```

INTE	Z46	
SUB	Z18	1.00000
INTE	Z18	
SUB	Z28	1.00000
INTE	Z28	
SUB	Z38	1.00000
INTE	Z38	
SUB	Z48	1.00000
INTE	Z48	
SUB	Z68	1.00000
INTE	Z68	
SUB	Z15	1.00000
INTE	Z15	
SUB	Z25	1.00000
INTE	Z25	
SUB	Z35	1.00000
INTE	Z35	
SUB	Z45	1.00000
INTE	Z45	
SUB	Z56	1.00000
INTE	Z56	
SUB	Z58	1.00000
INTE	Z58	
SUB	Z17	1.00000
INTE	Z17	
SUB	Z27	1.00000
INTE	Z27	
SUB	Z37	1.00000
INTE	Z37	
SUB	Z47	1.00000
INTE	Z47	
SUB	Z57	1.00000
INTE	Z57	
SUB	Z67	1.00000
INTE	Z67	
SUB	Z78	1.00000
INTE	Z78	
SUB	P12	1.00000
INTE	P12	
SUB	P13	1.00000
INTE	P13	
SUB	P23	1.00000
INTE	P23	
SUB	P14	1.00000
INTE	P14	
SUB	P24	1.00000
INTE	P24	
SUB	P34	1.00000
INTE	P34	
SUB	Z16	1.00000
INTE	Z16	
SUB	Z26	1.00000
INTE	Z26	
SUB	Z36	1.00000
INTE	Z36	
SUB	Z46	1.00000
INTE	Z46	

SUB	P16	1.00000
INTE	P16	
SUB	P26	1.00000
INTE	P26	
SUB	P36	1.00000
INTE	P36	
SUB	P46	1.00000
INTE	P46	
SUB	P18	1.00000
INTE	P18	
SUB	P28	1.00000
INTE	P28	
SUB	P38	1.00000
INTE	P38	
SUB	P48	1.00000
INTE	P48	
SUB	P68	1.00000
INTE	P68	
SUB	P15	1.00000
INTE	P15	
SUB	P25	1.00000
INTE	P25	
SUB	P35	1.00000
INTE	P35	
SUB	P45	1.00000
INTE	P45	
SUB	P56	1.00000
INTE	P56	
SUB	P58	1.00000
INTE	P58	
SUB	P17	1.00000
INTE	P17	
SUB	P27	1.00000
INTE	P27	
SUB	P37	1.00000
INTE	P37	
SUB	P47	1.00000
INTE	P47	
SUB	P57	1.00000
INTE	P57	
SUB	P67	1.00000
INTE	P67	
SUB	P78	1.00000
INTE	P78	

### Hasil *LINGO* Alternatif *Layout 1*

Global optimal solution found.	
Objective value:	470640.0
Objective bound:	470640.0
Infeasibilities:	0.000000
Extended solver steps:	516
Total solver iterations:	278969
Elapsed runtime seconds:	12.99
Model Class:	MILP

Total variables:	184
Nonlinear variables:	0
Integer variables:	56
Total constraints:	187
Nonlinear constraints:	0
Total nonzeros:	624
Nonlinear nonzeros:	0

	Variable	Value
Reduced Cost		
	XP12	3.000000
0.000000		
	YP12	7.500000
0.000000		
	XP13	0.000000
24420.00		
	YP13	2.500000
0.000000		
	XN12	0.000000
6660.000		
	YN12	0.000000
6660.000		
	XN13	3.500000
0.000000		
	YN13	0.000000
24420.00		
	XN14	0.000000
12210.00		
	YN14	0.000000
12210.00		
	XN24	0.000000
12210.00		
	YN24	0.000000
12210.00		
	XP28	0.000000
244440.0		
	YP28	4.500000
0.000000		
	XP38	0.000000
4440.000		
	YP38	9.500000
0.000000		
	XP68	3.000000
0.000000		
	YP68	0.000000
8880.000		
	XN38	9.500000
0.000000		
	YN38	0.000000
4440.000		
	XN68	0.000000
8880.000		
	YN68	5.500000
0.000000		

11100.00	XP25	0.000000
11100.00	YP25	0.000000
35520.00	XP35	0.000000
0.000000	YP35	2.500000
6660.000	XP58	0.000000
0.000000	YP58	7.000000
0.000000	XN25	10.00000
0.000000	YN25	2.500000
0.000000	XN35	3.500000
35520.00	YN35	0.000000
0.000000	XN58	6.000000
6660.000	YN58	0.000000
6660.000	XP57	0.000000
0.000000	YP57	5.000000
6660.000	XP78	0.000000
0.000000	YP78	2.000000
0.000000	XN57	3.000000
6660.000	YN57	0.000000
0.000000	XN78	3.000000
6660.000	YN78	0.000000
0.000000	X1	7.500000
0.000000	X2	4.500000
-310800.0	Z12	0.000000
0.000000	X3	11.00000
621600.0	Z13	1.000000
0.000000	Z23	1.000000
0.000000	X4	1.500000
0.000000	Z14	0.000000
0.000000	Z24	0.000000

0.000000	Z34	0.000000
0.000000	X6	23.50000
0.000000	Z16	1.000000
0.000000	Z26	1.000000
0.000000	Z36	1.000000
0.000000	Z46	1.000000
0.000000	X8	20.50000
0.000000	Z18	1.000000
0.000000	Z28	1.000000
0.000000	Z38	1.000000
0.000000	Z48	1.000000
0.000000	Z68	0.000000
-155400.0	X5	14.50000
0.000000	Z15	1.000000
0.000000	Z25	1.000000
0.000000	Z35	1.000000
893550.0	Z45	1.000000
0.000000	Z56	1.000000
0.000000	Z58	1.000000
0.000000	X7	17.50000
0.000000	Z17	1.000000
0.000000	Z27	1.000000
0.000000	Z37	1.000000
0.000000	Z47	1.000000
0.000000	Z57	1.000000
310800.0	Z67	0.000000
0.000000	Z78	1.000000
310800.0	Y1	19.00000
0.000000	Y2	11.50000
0.000000		



0.000000	P12	0.000000
0.000000	Y3	16.50000
-310800.0	P13	0.000000
0.000000	P23	1.000000
0.000000	Y4	4.500000
0.000000	P14	0.000000
0.000000	P24	0.000000
0.000000	P34	0.000000
0.000000	Y6	1.500000
0.000000	P16	0.000000
0.000000	P26	0.000000
0.000000	P36	0.000000
0.000000	P46	0.000000
-88800.00	Y8	7.000000
0.000000	P18	0.000000
0.000000	P28	0.000000
0.000000	P38	0.000000
0.000000	P48	1.000000
88800.00	P68	1.000000
0.000000	Y5	14.00000
0.000000	P15	0.000000
0.000000	P25	1.000000
355200.0	P35	0.000000
-466200.0	P45	1.000000
0.000000	P56	0.000000
0.000000	P58	0.000000
0.000000	Y7	9.000000
0.000000	P17	0.000000
0.000000	P27	0.000000
-266400.0		

0.000000	P37	0.000000
0.000000	P47	1.000000
0.000000	P57	0.000000
0.000000	P67	1.000000
0.000000	P78	0.000000
-266400.0	XP23	0.000000
0.000000	XN23	6.500000
0.000000	XP14	6.000000
0.000000	XP24	3.000000
0.000000	XP34	9.500000
0.000000	XN34	0.000000
0.000000	XP16	0.000000
0.000000	XN16	16.00000
0.000000	XP26	0.000000
0.000000	XN26	19.00000
0.000000	XP36	0.000000
0.000000	XN36	12.50000
0.000000	XP46	0.000000
0.000000	XN46	22.00000
0.000000	XP18	0.000000
0.000000	XN18	13.00000
0.000000	XN28	16.00000
0.000000	XP48	0.000000
0.000000	XN48	19.00000
0.000000	XP15	0.000000
0.000000	XN15	7.000000
0.000000	XP45	0.000000
0.000000	XN45	13.00000
0.000000	XP56	0.000000

0.000000	XN56	9.000000
0.000000	XP17	0.000000
0.000000	XN17	10.00000
0.000000	XP27	0.000000
0.000000	XN27	13.00000
0.000000	XP37	0.000000
0.000000	XN37	6.500000
0.000000	XP47	0.000000
0.000000	XN47	16.00000
0.000000	XP67	6.000000
0.000000	XN67	0.000000
0.000000	YP23	0.000000
0.000000	YN23	5.000000
0.000000	YP14	14.50000
0.000000	YP24	7.000000
0.000000	YP34	12.00000
0.000000	YN34	0.000000
0.000000	YP16	17.50000
0.000000	YN16	0.000000
0.000000	YP26	10.00000
0.000000	YN26	0.000000
0.000000	YP36	15.00000
0.000000	YN36	0.000000
0.000000	YP46	3.000000
0.000000	YN46	0.000000
0.000000	YP18	12.00000
0.000000	YN18	0.000000
0.000000	YN28	0.000000
4440.000	YP48	0.000000
0.000000		

0.000000	YN48	2.500000
0.000000	YP15	5.000000
0.000000	YN15	0.000000
0.000000	YP45	0.000000
0.000000	YN45	9.500000
0.000000	YP56	12.50000
0.000000	YN56	0.000000
0.000000	YP17	10.00000
0.000000	YN17	0.000000
0.000000	YP27	2.500000
0.000000	YN27	0.000000
0.000000	YP37	7.500000
0.000000	YN37	0.000000
0.000000	YP47	0.000000
0.000000	YN47	4.500000
0.000000	YP67	0.000000
0.000000	YN67	7.500000

### Formulasi *LINGO* Alternatif *Layout 2*

min 3330XP12 + 12210XP13 + 5550XP25 + 4440XP28 + 17760XP35 +  
 2220XP38 + 3330XP57 + 3330XP58 + 4440XP68 + 3330XP78 + 3330XN12 +  
 12210XN13 + 5550XN25 + 4440XN28 + 17760XN35 + 2220XN38 + 3330XN57  
 + 3330XN58 + 4440XN68 + 3330XN78

Subject to

X1 - X2 + 999 Z12 >= 6  
 X1 - X2 + 999 Z12 <= 993  
 X1 - X3 + 999 Z13 >= 10  
 X1 - X3 + 999 Z13 <= 989  
 X1 - X4 + 999 Z14 >= 9  
 X1 - X4 + 999 Z14 <= 990  
 X1 - X5 + 999 Z15 >= 9  
 X1 - X5 + 999 Z15 <= 990  
 X1 - X6 + 999 Z16 >= 9  
 X1 - X6 + 999 Z16 <= 990  
 X1 - X7 + 999 Z17 >= 9  
 X1 - X7 + 999 Z17 <= 990  
 X1 - X8 + 999 Z18 >= 9  
 X1 - X8 + 999 Z18 <= 990  
 X2 - X3 + 999 Z23 >= 10  
 X2 - X3 + 999 Z23 <= 989

$X2 - X4 + 999 \ Z24 \geq 9$   
 $X2 - X4 + 999 \ Z24 \leq 990$   
 $X2 - X5 + 999 \ Z25 \geq 9$   
 $X2 - X5 + 999 \ Z25 \leq 990$   
 $X2 - X6 + 999 \ Z26 \geq 9$   
 $X2 - X6 + 999 \ Z26 \leq 990$   
 $X2 - X7 + 999 \ Z27 \geq 9$   
 $X2 - X7 + 999 \ Z27 \leq 990$   
 $X2 - X8 + 999 \ Z28 \geq 9$   
 $X2 - X8 + 999 \ Z28 \leq 990$   
 $X3 - X4 + 999 \ Z34 \geq 10$   
 $X3 - X4 + 999 \ Z34 \leq 989$   
 $X3 - X5 + 999 \ Z35 \geq 10$   
 $X3 - X5 + 999 \ Z35 \leq 989$   
 $X3 - X6 + 999 \ Z36 \geq 10$   
 $X3 - X6 + 999 \ Z36 \leq 989$   
 $X3 - X7 + 999 \ Z37 \geq 10$   
 $X3 - X7 + 999 \ Z37 \leq 989$   
 $X3 - X8 + 999 \ Z38 \geq 10$   
 $X3 - X8 + 999 \ Z38 \leq 989$   
 $X4 - X5 + 999 \ Z45 \geq 9$   
 $X4 - X5 + 999 \ Z45 \leq 990$   
 $X4 - X6 + 999 \ Z46 \geq 9$   
 $X4 - X6 + 999 \ Z46 \leq 990$   
 $X4 - X7 + 999 \ Z47 \geq 9$   
 $X4 - X7 + 999 \ Z47 \leq 990$   
 $X4 - X8 + 999 \ Z48 \geq 9$   
 $X4 - X8 + 999 \ Z48 \leq 990$   
 $X5 - X6 + 999 \ Z56 \geq 9$   
 $X5 - X6 + 999 \ Z56 \leq 990$   
 $X5 - X7 + 999 \ Z57 \geq 9$   
 $X5 - X7 + 999 \ Z57 \leq 990$   
 $X5 - X8 + 999 \ Z58 \geq 9$   
 $X5 - X8 + 999 \ Z58 \leq 990$   
 $X6 - X7 + 999 \ Z67 \geq 9$   
 $X6 - X7 + 999 \ Z67 \leq 990$   
 $X6 - X8 + 999 \ Z68 \geq 9$   
 $X6 - X8 + 999 \ Z68 \leq 990$   
 $X7 - X8 + 999 \ Z78 \geq 9$   
 $X7 - X8 + 999 \ Z78 \leq 990$   
 $X1 - X2 - XP12 + XN12 = 0$   
 $X1 - X3 - XP13 + XN13 = 0$   
 $X1 - X4 - XP14 + XN14 = 0$   
 $X1 - X5 - XP15 + XN15 = 0$   
 $X1 - X6 - XP16 + XN16 = 0$   
 $X1 - X7 - XP17 + XN17 = 0$   
 $X1 - X8 - XP18 + XN18 = 0$   
 $X2 - X3 - XP23 + XN23 = 0$   
 $X2 - X4 - XP24 + XN24 = 0$   
 $X2 - X5 - XP25 + XN25 = 0$   
 $X2 - X6 - XP26 + XN26 = 0$   
 $X2 - X7 - XP27 + XN27 = 0$   
 $X2 - X8 - XP28 + XN28 = 0$   
 $X3 - X4 - XP34 + XN34 = 0$   
 $X3 - X5 - XP35 + XN35 = 0$   
 $X3 - X6 - XP36 + XN36 = 0$   
 $X3 - X7 - XP37 + XN37 = 0$   
 $X3 - X8 - XP38 + XN38 = 0$

$X4 - X5 - XP45 + XN45 = 0$   
 $X4 - X6 - XP46 + XN46 = 0$   
 $X4 - X7 - XP47 + XN47 = 0$   
 $X4 - X8 - XP48 + XN48 = 0$   
 $X5 - X6 - XP56 + XN56 = 0$   
 $X5 - X7 - XP57 + XN57 = 0$   
 $X5 - X8 - XP58 + XN58 = 0$   
 $X6 - X7 - XP67 + XN67 = 0$   
 $X6 - X8 - XP68 + XN68 = 0$

end

SUB    Z12    1.00000  
INTE   Z12  
SUB    Z13    1.00000  
INTE   Z13  
SUB    Z14    1.00000  
INTE   Z14  
SUB    Z15    1.00000  
INTE   Z15  
SUB    Z16    1.00000  
INTE   Z16  
SUB    Z17    1.00000  
INTE   Z17  
SUB    Z18    1.00000  
INTE   Z18  
SUB    Z23    1.00000  
INTE   Z23  
SUB    Z24    1.00000  
INTE   Z24  
SUB    Z25    1.00000  
INTE   Z25  
SUB    Z26    1.00000  
INTE   Z26  
SUB    Z27    1.00000  
INTE   Z27  
SUB    Z28    1.00000  
INTE   Z28  
SUB    Z34    1.00000  
INTE   Z34  
SUB    Z35    1.00000  
INTE   Z35  
SUB    Z36    1.00000  
INTE   Z36  
SUB    Z37    1.00000  
INTE   Z37  
SUB    Z38    1.00000  
INTE   Z38  
SUB    Z45    1.00000  
INTE   Z45  
SUB    Z46    1.00000  
INTE   Z46  
SUB    Z47    1.00000  
INTE   Z47  
SUB    Z48    1.00000  
INTE   Z48  
SUB    Z56    1.00000  
INTE   Z56

```

SUB    Z57    1.00000
INTE   Z57
SUB    Z58    1.00000
INTE   Z58
SUB    Z67    1.00000
INTE   Z67
SUB    Z68    1.00000
INTE   Z68
SUB    Z78    1.00000
INTE   Z78

```

### Hasil *LINGO* Alternatif *Layout 2*

```

Global optimal solution found.
Objective value:                744810.0
Objective bound:                744810.0
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:          1036
Total solver iterations:        8291
Elapsed runtime seconds:        0.29

Model Class:                    MILP

Total variables:                 92
Nonlinear variables:             0
Integer variables:              28

Total constraints:               84
Nonlinear constraints:           0

Total nonzeros:                 296
Nonlinear nonzeros:             0

```

	Variable	Value
Reduced Cost		
	XP12	0.000000
6660.000	XP13	0.000000
24420.00	XP25	9.000000
0.000000	XP28	0.000000
8880.000	XP35	0.000000
35520.00	XP38	0.000000
4440.000	XP57	29.00000
0.000000	XP58	0.000000
6660.000	XP68	9.000000
0.000000	XP78	0.000000
3330.000		

0.000000	XN12	29.000000
0.000000	XN13	10.000000
11100.00	XN25	0.000000
0.000000	XN28	9.000000
0.000000	XN35	10.000000
0.000000	XN38	28.000000
6660.000	XN57	0.000000
0.000000	XN58	18.000000
8880.000	XN68	0.000000
3330.000	XN78	0.000000
0.000000	X1	9.000000
0.000000	X2	38.000000
0.000000	Z12	1.000000
0.000000	X3	19.000000
0.000000	Z13	1.000000
0.1885113E+08	X4	990.0000
0.000000	Z14	1.000000
0.000000	X5	29.000000
0.000000	Z15	1.000000
0.000000	X6	56.000000
0.000000	Z16	1.000000
0.000000	X7	0.000000
0.000000	Z17	0.000000
-3326670.	X8	47.000000
0.000000	Z18	1.000000
0.000000	Z23	0.000000
0.000000	Z24	1.000000
0.000000	Z25	0.000000
-0.1441557E+08	Z26	1.000000
0.000000		



0.000000	Z27	0.000000
9980010.	Z28	1.000000
0.000000	Z34	1.000000
0.2661336E+08	Z35	1.000000
0.000000	Z36	1.000000
0.000000	Z37	0.000000
0.000000	Z38	1.000000
0.000000	Z45	0.000000
0.000000	Z46	0.000000
0.000000	Z47	0.000000
0.000000	Z48	0.000000
0.000000	Z56	1.000000
0.000000	Z57	0.000000
0.000000	Z58	1.000000
0.000000	Z67	0.000000
0.000000	Z68	0.000000
-4435560.	Z78	1.000000
0.000000	XP14	0.000000
0.000000	XN14	981.0000
0.000000	XP15	0.000000
0.000000	XN15	20.00000
0.000000	XP16	0.000000
0.000000	XN16	47.00000
0.000000	XP17	9.000000
0.000000	XN17	0.000000
0.000000	XP18	0.000000
0.000000	XN18	38.00000
0.000000	XP23	19.00000
0.000000	XN23	0.000000

0.000000	XP24	0.000000
0.000000	XN24	952.0000
0.000000	XP26	0.000000
0.000000	XN26	18.00000
0.000000	XP27	38.00000
0.000000	XN27	0.000000
0.000000	XP34	0.000000
0.000000	XN34	971.0000
0.000000	XP36	0.000000
0.000000	XN36	37.00000
0.000000	XP37	19.00000
0.000000	XN37	0.000000
0.000000	XP45	961.0000
0.000000	XN45	0.000000
0.000000	XP46	934.0000
0.000000	XN46	0.000000
0.000000	XP47	990.0000
0.000000	XN47	0.000000
0.000000	XP48	943.0000
0.000000	XN48	0.000000
0.000000	XP56	0.000000
0.000000	XN56	27.00000
0.000000	XP67	56.00000
0.000000	XN67	0.000000